

10211500000081-Cover.pdf
10211500000081-Cover_id.pdf
10211500000081-Cover_en.pdf
10211500000081-Approval_sheet.pdf
10211500000081-Abstract_id.pdf
10211500000081-Abstract_en.pdf
10211500000081-Preface.pdf
10211500000081-Table_of_content.pdf
10211500000081-Illustration.pdf
10211500000081-Tables.pdf
10211500000081-Chapter1.pdf
10211500000081-Chapter2.pdf
10211500000081-Chapter3.pdf
10211500000081-Chapter4.pdf
10211500000081-Conclusion.pdf
10211500000081-Bibliography.pdf
10211500000081-Enclosure.pdf
10211500000081-Biography.pdf



TUGAS AKHIR - TM 145502

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI
TEMPERATUR TERHADAP EFEKTIFITAS
PENGERINGAN DAUN KEMANGI DALAM OVEN**

**RIZKY DHARMA PUTRA
10211500000081**

**Dosen Pembimbing
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT
19610602 198701 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - TM 145502

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI
TEMPERATUR TERHADAP EFEKTIFITAS
PENGERINGAN DAUN KEMANGI DALAM OVEN**

RIZKY DHARMA PUTRA
NRP 10211500000081

Dosen Pembimbing
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT
19610602 198701 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



FINAL PROJECT - TM 145502

**EXPERIMENTAL STUDY OF INFLUENCE
TEMPERATURE VARIATION'S TO
EFFECTIVENESS FOR *OCIMUM SANCTUM*
DRYING IN THE OVEN**

**RIZKY DHARMA PUTRA
NRP 10211500000081**

**Conselor Lecturer :
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT
19610602 198701 1 001**

**MECHANICAL INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty Of Vocational
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP EFEKTIFITAS PENGERINGAN DAUN KEMANGI DALAM OVEN

TUGAS AKHIR



Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

Bidang Studi Konversi Energi
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIZKY DHARMA PUTRA
NRP 10211500000081

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing


Ir. Joko Sarsetiyanto, MT
NIP 19610602 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2018

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP EFEKTIFITAS PENGERINGAN DAUN KEMANGI DALAM OVEN

Nama Mahasiswa : Rizky Dharma Putra
NRP : 10211500000081
Jurusan : Dept. Teknik Mesin Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Joko Sarsetiyanto, MT

Abstrak

Daun Kemangi merupakan salah satu tanaman yang memiliki banyak manfaat, salah satunya dapat di jadikan sebagai teh herbal. Cara pembuatan teh herbal kemangi yaitu dengan dikeringkan didalam oven pengering, cara ini dirasa lebih efektif daripada dikeringkan dengan sinar matahari.

Untuk mengetahui kinerja oven pengering maka dilakukan percobaan proses pengeringan daun kemangi. Percobaan dilakukan dengan variasi temperatur. Oven yang digunakan dalam percobaan adalah oven yang menggunakan sumber panas listrik. Oven juga dilengkapi dengan semacam cerobong yang berfungsi untuk menghasilkan sirkulasi udara secara alamiah.

Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk proses pengeringan dengan temperatur 60°C adalah yang paling optimal dan didapatkan Q_{total} sebesar 540,217 Watt, Q_{evap} yang dihasilkan yaitu 59,102 Watt, sehingga dihasilkan Efektivitas oven sebesar 38,78 %.

Kata Kunci : Proses Pengeringan, Temperatur, Daun Kemangi, Efektivitas Oven

**EXPERIMENTAL STUDY OF INFLUENCE
TEMPERATURE VARIATION'S TO EFFECTIVENESS
FOR *OCIMUM SANCTUM* DRYING IN THE OVEN**

Name Of Student : Rizky Dharma Putra
NRP : 10211500000081
Department : Mechanical Industrial Engineering
Conselor Lecturer : Ir. Joko Sarsetiyanto, MT

Abstract

Ocimum Sanctum is one plant that has many benefits, one of them is its leaves can be made as a herbal tea. The common method to make herbal tea is dried in an oven, this method is more effective than dried it with sun.

To know the performance of drying oven, experiment has been conducted to dried *Ocimum Sanctum*. The experiments were carried out with variations temperature. The oven used in the experiment is an oven that uses an electric heat source. There is also mounted a kind to generate natural draft.

From the experimental results show that for 60°C of drying process is the best and obtained heat total (Q_{total}) 540,217 Watt, with Q_{evap} generated is 59,102 Watts, and the effectiveness of Oven 38,78%.

Keywords: *Drying Process, Temperature, Ocimum Sanctum, Effectiveness of Oven*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul:

“ STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP EFEKTIFITAS PENGERINGAN DAUN KEMANGI DALAM OVEN ”

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah mendapat bantuan dari berbagai pihak baik secara moril dan materi, sehingga dalam pembuatan laporan ini, saya dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Joko Sarsetiyanto, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan saran, masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Sampurno , MT. selaku Dosen Wali.
5. Tim Dosen Penguji yang telah menguji dan banyak memberi masukan agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
6. Orang tua, Ibu Srie Soelistyawati, Bapak Muslih dan adik Rio Prima Purwa Saputra yang senantiasa memberikan do'a restu, kasih sayang dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Gezha Pramestasari & Zegi dias yang selalu memberikan doa dan semangat.
8. Arinaufal R. Manopol sebagai partner dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Mas Sapto Wisasno yang selalu membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

10. Kevin, Alfi, Friska, Fiya, Alda, Farobi yang selalu menemani dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman seperjuangan angkatan 2015 atas kebersamaannya selama kuliah di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
12. Semua pihak yang belum saya sebutkan yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih begitu banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daun kemangi	7
2.1.1 Manfaat Daun Kemangi	8
2.2 Pengertian Perpindahan Panas	10
2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi	11
2.2.2 Perpindahan Panas Konveksi	17
2.2.3 Perpindahan Panas Gabungan	23
2.3 Aliran Laminer dan Turbulen	25
2.3.1 Rapat Massa dan Volume Spesifik	27
2.3.2 Kalor Spesifik	27
2.3.3 Perpindahan Massa	27
2.3 Kekekalan Energi	28
2.4.1 Kekekalan Energi Volume Atur	28
2.4.2 Keseimbangan Energi Permukaan	28
2.5 Perpindahan Panas Kalor Sensibel dan Kalor Laten.	29
2.4.1 Kalor Sensible	30
2.4.2 Kalor Laten	30

2.6 Proses Pengeringan	31
BAB III METODOLOGI	
3.1 Desain dan Data Spesifikasi Alat	35
3.2 Diagram Alir Tugas Akhir	37
3.3 Persiapan Awal.....	39
3.4 Peralatan Ukur Untuk Pengujian.	39
3.5 Tata Cara Pengujian	43
3.5.1 Tahap Persiapan	43
3.5.2 Tahap Pengujian	44
3.5.3 Tahap Pengambilan Data	44
3.5.4 Tahap Setelah Pengujian	45
3.5.5 Tahap Pengolahan Data	45
3.6 Diagram Alir Pengujian.....	46
3.7 Diagram Alir Perhitungan Tugas Akhir.....	48
BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN	
4.1 Neraca Kalor Pada Proses Pengeringan dengan Oven...	51
4.2 Perhitungan Laju Perpindahan Panas yang Dibutuhkan di Ruang Oven.....	52
4.2.1 Perhitungan Q_{loss} (W) Pada Jenis Material Yang Digunakan	52
4.2.2 Perhitungan Q_{loss} (W) pada ruang bakar oven ...	62
4.2.3 Perhitungan $Q_{eksfiltrasi}$ (W) yang keluar melalui ventilasi	70
4.2.4 Perhitungan $Q_{infiltrasi}$ (W) yang masuk ke sistem	72
4.2.5 Perhitungan Laju Perpindahan Panas Untuk Menghilangkan Kadar Air Dalam Daun Kemangi (Q_{evap})	72
4.2.6 Perhitungan Efektivitas Penyerapan Kalor Pada Oven	73
4.2.7 Kandungan Air Produk yang berhasil diuapkan..	74
4.2.8 Perhitungan Biaya yang Digunakan pada Proses Pengeringan.....	74
4.2.9 Tabel dan Grafik Hasil Pengujian.....	75

4.2.10 Hasil Pengeringan Daun secara Visual	78
---	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	84
BIODATA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Tanaman Kemangi	7
Gambar 2.2 Daun Kemangi	8
Gambar 2.3 Perpindahan panas konduksi, konveksi, dan Radiasi	11
Gambar 2.4 Perpindahan Panas konduksi dengan diffusi energi akibat aktivitas molekuler	12
Gambar 2.5 Konduksi satu dimensi steady state.....	13
Gambar 2.6 Perpindahan Panas pada Dinding Datar	14
Gambar 2.7 Distribusi kecepatan dan distribusi temperature.....	17
Gambar 2.8 Perpindahan Panas Konveksi.....	21
Gambar 2.9 Perpindahan Panas antara Konduksi dengan Konveksi	24
Gambar 2.10 Pengembangan lapisan batas kecepatan pada plat datar	25
Gambar 2.11 Kekekalan energi volume atur	28
Gambar 2.12 Kekekalan energi permukaan sebuah media.....	29
Gambar 2.13 Energi yang dibutuhkan untuk merubah temperatur dan fase air	30
Gambar 3.1 Gambar Tampak Depan dan Samping Oven Pengering Daun Kemangi	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	38
Gambar 3.3 Thermometer.....	39
Gambar 3.4 Anemometer	40
Gambar 3.5 Timbangan Digital	40
Gambar 3.6 Hygrometer	41
Gambar 3.7 Infrared Thermometer	42
Gambar 3.8 Wattmeter	42
Gambar 3.9 Penataan daun Kemangi dan posisi rak dalam Oven	43
Gambar 3.10 Ruang pemanas.....	44
Gambar 3.11 Diagram Alir Pengujian Daun Kemangi	47
Gambar 3.12 Diagram Alir Perhitungan Tugas Akhir	49

Gambar 4.1 Neraca Kalor pada Proses Pengeringan dengan Oven	51
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian	77
Gambar 4.3 Daun Kemangi Sebelum di Oven	78
Gambar 4.4 Hasil Pengeringan Suhu 40 ^o (Kiri) & 45 ^o (Kanan). 79	
Gambar 4.5 Hasil Pengeringan Suhu 50 ^o (Kiri) & 55 ^o (Kanan). 79	
Gambar 4.6 Hasil Pengeringan Suhu 60 ^o	80

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Perhitungan $Q_{\text{lossdindingtotal}}$	62
Tabel 4.2 Data Perhitungan $Q_{\text{loss ruang bakar}}$ dan $Q_{\text{loss total}}$	70
Tabel 4.3 Data Perhitungan $Q_{\text{eksfiltrasi}}$	71
Tabel 4.4 Data Perhitungan $Q_{\text{infiltrasi}}$	72
Tabel 4.5 Data Perhitungan $Q_{\text{evaporasi}}$	73
Tabel 4.6 Data Perhitungan Efektivitas Penyerapan Kalor pada Oven dengan Variasi Temperatur	74
Tabel 4.7 Data Massa awal dan Massa akhir Daun Kemangi. ..	74
Tabel 4.8 Data Perhitungan Biaya yang dibutuhkan setiap Proses Pengeringan.	75
Tabel 4.9 Hasil Pengujian dengan Variasi Temperatur	75

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman memiliki berbagai fungsi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, baik untuk keindahan lingkungan, menyerap polusi, untuk kebutuhan memasak sehari-hari maupun dimanfaatkan sebagai obat-obatan. Salah satu tanaman yang memiliki banyak manfaat ialah daun kemangi.

Ocimum Sanctum atau yang biasa dikenal sebagai daun kemangi merupakan salah satu tumbuhan hibrida antar spesies antara dua spesies selasih yang selalu tumbuh setiap tahunnya dan mudah dijumpai di Asia dan Amerika. Di Pulau Jawa sendiri, daun kemangi disebut dengan Surawung yang sering ditanam di kebun-kebun, di pagar-pagar, di pinggir-pinggir jalan, di lapangan, dan di rumah-rumah. Biasanya daun kemangi menjadi tanaman yang dibudidayakan. Daun kemangi memiliki batang yang tumbuh tegak dengan cabang yang banyak. Tanaman ini berbentuk perdu yang tingginya dapat mencapai 100 cm. Bunganya tersusun di tandan yang tegak. Daunnya panjang, tegak, berbentuk taji atau bulat telur, berwarna hijau muda dan berbau harum. Ujung daun dapat berbentuk tumpul ataupun tajam dan panjangnya mencapai 5 cm. Permukaan daunnya cenderung bergerigi atau juga rata serta wanginya seperti cengkeh dan rasanya pahit. Sayuran sederhana ini ternyata menyimpan banyak sekali khasiat yang belum diketahui orang-orang awam yang salah satunya dengan pemanfaatan daun kemangi menjadi teh herbal agar lebih mudah dikonsumsi oleh masyarakat.

Dengan mengonsumsi teh herbal daun kemangi ini banyak sekali manfaat yang didapatkan oleh tubuh manusia. Diantaranya ialah menurunkan demam, menjaga kekebalan tubuh, mengatasi bau badan, mengatasi bau mulut bahkan mencegah sel kanker. Cara membuat teh herbal daun kemangi cukup sederhana. Bahan yang diperlukan adalah 5 ons daun

kemangi, 1 kg jahe, 2,5 kg gula pasir, lima batang serai, dan 10 lembar daun pandan. Biasanya untuk membuat teh herbal ini daun kemangi akan dijemur terlebih dahulu dibawah sinar matahari hingga benar-benar kering.

Akan tetapi cara pembuatan teh herbal daun kemangi dengan terlebih dijemur di sinar matahari ini dirasa kurang efisien karena membutuhkan waktu yang cukup lama yakni sekita 1-2 minggu. Oleh sebab itu tidak mengherankan apabila kemudian dengan berkembangnya teknologi yang ada, alat yang digunakan untuk membuat teh herbal kemangi juga semakin berkembang pula. Apabila biasanya dengan bantuan sinar matahari, kini teh herbal kemangi dibuat dengan menggunakan oven.

Penggunaan oven untuk mengeringkan kemangi merupakan cara yang dirasa paling menjanjikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan waktu yang cepat. Hal ini terjadi karena penggunaan oven tidak bergantung waktu dan tempat sehingga penggunaan oven adalah opsi terbaik untuk mengeringkan makanan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

oven dapat diatur temperatur yang berbeda-beda sesuai kebutuhan untuk mengeringkan daun, dan perbedaan pengaturan suhu oven tersebut mempengaruhi kecepatan hingga tekstur kekeringan daun. Perbedaan suhu tersebut tentunya juga mempengaruhi pembuatan teh herbal kemangi dengan oven. Oleh sebab itu dalam penelitian ini peneliti ingin mencari tahu bagaimana pengaruh perbedaan suhu pada oven terhadap proses pembuatan teh herbal kemangi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas, rumusan masalah yang diangkat adalah:

1. Berapa besar pengaruh variasi temperatur untuk mengeringkan daun kemangi terhadap waktu pengeringan?

2. Berapa efektivitas yang dihasilkan oleh oven berdasarkan variasi temperatur?

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada latar belakang dan permasalahan diatas maka tujuan penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Menghitung panas yang masuk ke pengering
2. Menghitung kerugian panas yang dibuang oven pengering melalui cerobong (Q eksfiltrasi)
3. Menghitung energi panas yang digunakan untuk menguapkan kadar air pada saat proses pengeringan di dalam oven (Q evaporasi)
4. Menghitung laju pengeringan yang terjadi pada oven
5. Menghitung efektivitas penggunaan kalor pada oven

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini penulis memiliki maksud dan tujuan, yaitu , antara lain :

1. Mengetahui manfaat lain dari daun kemangi.
2. Mengetahui alur dan perhitungan dalam proses mengeringkan daun kemangi.
3. Mengetahui efektivitas oven dalam mengeringkan daun kemangi dengan temperature oven yang berbeda-beda.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperkecil ruang lingkup dan untuk memudahkan dalam analisis masalah dibutuhkan adanya pembatasan masalah. Batasan masalah yang dipergunakan dalam penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Dalam perhitungan diasumsikan:
 - Kondisi steady state
 - Kondisi aliran uniform
 - Aliran fluida didalam oven diasumsikan *external flow*
 - Efek radiasi diabaikan

- Temperatur pada permukaan plat dianggap merata
 - Temperatur udara di dalam oven pengering dianggap merata sesuai nilai rata-rata temperature tiap tingkatan
 - Temperatur udara diluar oven pengering dianggap konstan
2. Tidak membahas serta mengubah laluan dalam oven
 3. Tidak membahas rancangan konstruksi alat dan instrumen control
 4. Tidak membahas bukaan cerobong.
 5. Hanya membahas proses perpindahan panas dan perpindahan massa secara umum.
 6. Menggunakan 5 variasi temperatur terhadap massa konstan. 250 gram dengan temperature 40,45,50,55,60 (dalam derajat celcius).
 7. Perhitungan menggunakan natural convection.

1.6 Metode Penelitian

Metode penulisan tugas akhir yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan dari penelitian di dalam tugas akhir ini adalah:

1. Studi Literatur

Untuk pengenalan dan pembelajaran dasar-dasar teori yang mengacu pada tema dari tugas akhir ini. Diperoleh dengan mencari referensi pada buku, makalah, jurnal, dan buku tugas akhir lainnya yang berhubungan dengan perpindahan panas dengan tujuan mendapatkan dasaran untuk memulai analisis dan perhitungan.

2. Penentuan Bahan

Dalam tahapan ini studi literatur juga dilakukan melalui internet, buku, dan lingkungan sekitar. Juga mengenali manfaat dan tujuan dalam penggunaan bahan tersebut, serta cara dan ketersediaannya. Melalui berbagai pertimbangan akhirnya diperoleh bahan daun kemangi.

3. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing

Dalam penulisan tugas akhir setelah melakukan pengujian dilakukan konsultasi dengan dosen pembimbing, secara rutin mengenai perkembangan yang telah dicapai.

4. Studi Laboratorium

Melakukan pengujian di Workshop Teknik Mesin Industri FV-ITS dengan perlengkapan mesin dan alat ukur yang telah tersedia untuk mendapatkan dan mengolah data-data yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian.

5. Analisis Data

Setelah pengujian produk di dalam oven, data –data yang diperoleh secara actual digunakan untuk mengetahui perhitungan Q_{in} , Q_{loss} , $Q_{evaporasi}$, $Q_{sensible}$, $Q_{eksfiltrasi}$, η_{oven} , dan Biaya Operasional

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis berharap agar pemikiran dalam buku ini bisa difahami oleh orang lain maka disusunlah sistematika secara umum :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang permasalahan penyusunan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Berisi teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian dan perhitungan yang digunakan sebagai dasaran dalam analisis serta koreksi data yang telah diperoleh guna mencapai tujuan penelitian.

BAB III : METODOLOGI

Berisi tentang metode dan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses penelitian serta alat-alat yang dipergunakan dalam pelaksanaan pengujian baik alat alat

utama maupun alat-alat penunjang dan juga berisi tentang prosedur-prosedur pengujian.

BAB IV : ANALISIS PERHITUNGAN

Berisi data-data hasil pengujian yang telah didapatkan dari proses penelitian dan proses perhitungan sampai menemukan hal apa yang menjadi tujuan dalam penelitian.

BAB V : KESIMPULAN

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini akan didapatkan suatu kesimpulan yang menyatakan pernyataan akhir dari uraian dan penjelasan sebelumnya dan berkaitan pada tujuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penjelasan Umum tentang Daun Kemangi

Kemangi (*Ocimum sanctum*) adalah spesies basil yang paling terbesar di seluruh dunia. Diantara genus *Ocimum* L., kemangi merupakan salah satu spesies yang menarik karena aroma dan rasanya. Herbal ini digunakan oleh orang Asia sebagai obat dan bahan masakan dari generasi ke generasi. Tanaman herbal ini awalnya diperkenalkan di India dan sekarang telah menyebar di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Di setiap kemangi memiliki nama khusus. Kemangi dikenal dengan nama daerah Saraung (Sunda), Lampes (Jawa Tengah), Kemangek (Madura), Uku-uku (Bali), Lufe-lufe (Ternate), Hairy Basil (Inggris). Klasifikasi tanaman ini adalah sebagai berikut:

Klasifikasi Ilmiah	
<i>Kerajaan</i>	<i>Plantae</i>
<i>Divisi</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Kelas</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Ordo</i>	<i>Lamiales</i>
<i>Keluarga</i>	<i>Lamiaceae</i>
<i>Genus</i>	<i>Ocimum</i>
<i>Spesies</i>	<i>O.citriodorum</i>

Gambar 2.1 Klasifikasi Tanaman Kemangi
(sumber: <https://id.wikipedia.org/wiki/Kemangi>)

Kemangi adalah tumbuhan tahunan yang tumbuh tegak dengan cabang yang banyak. Tanaman ini berbentuk perdu yang tingginya dapat mencapai 30-150 cm. , batangnya berkayu, segi empat, beralur, bercabang, dan memiliki bulu berwarna hijau.

Daunnya tunggal dan berwarna hijau, bersilang, berbentuk bulat telur, ujungnya runcing, pangkal tumpul, tepi bergerigi, dan pertulangan daun menyirip. Akarnya tunggang dan berwarna putih kotor, panjangnya mencapai 5 cm. Wanginya seperti cengkeh dan rasanya pahit.



Gambar 2.2 Daun Kemangi

Manfaat daun kemangi mungkin belum terlalu populer sebagai obat untuk berbagai macam penyakit. Daun kemangi memang memiliki karakteristik unik, namun tanaman ini menyimpan banyak manfaat. Terlebih lagi pada bagian daunnya yang baik untuk kesehatan tubuh.

2.1.1 Manfaat Daun Kemangi

Daun kemangi mengandung banyak flavonoid polifenol seperti orientin dan vicenin. Daun kemangi memiliki senyawa minyak esensial seperti eugenol, sitranelol, linalool, citral, limonene dan terpineol. Senyawa ini diketahui memiliki sifat anti inflamasi dan anti bakteri. Daun kemangi rendah kalori dan tidak mengandung kolesterol, disamping itu kaya nutrisi penting, mineral, dan vitamin. Daun kemangi tinggi akan beta karoten, vitamin A, cryptoxanthin, lutein dan zea xanthin yang berfungsi dalam melindungi tubuh terhadap radikal bebas.

Meski manfaat daun kersen tidak sepopuler manfaat daun lainnya, namun nyatanya khasiat daun kersen pun tak kalah

istimewanya dengan manfaat daun-daun lainnya. Tubuh manusia dapat menuai beberapa manfaat kesehatan dengan meminum teh yang terbuat dari daun kemangi ini, berikut ulasannya :

1. Manfaat daun kemangi untuk mencegah sel kanker

Daun kemangi mengandung phytochemical, yang bermanfaat membantu secara alami mencegah kanker, pada kulit, hati, lidah, dan paru-paru. Kemangi mampu meningkatkan aktivitas anti oksidan, guna menghetikan tumor kanker yang terus menyebar dan lainnya.

2. Manfaat daun kemangi untuk menurunkan demam

Manfaat lain yang bisa didapat dari daun kemangi ini yaitu dapat menurunkan demam karena memiliki anti mikroba yang bisa bekerja dengan sangat baik dalam melawan demam, sehingga sangat baik jika dikonsumsi ketika demam terutama akibat malaria atau demam berdarah.

3. Manfaat daun kemangi untuk kardiovaskular

Daun kemangi memiliki banyak kandungan magnesium yang akan bekerja pada pembuluh darah sehingga darah pun menjadi lancar. Selain itu, kemangi berfungsi untuk mengurangi kadar kolesterol dan dapat menjaga tekanan darah di bawah kontrol.

4. Manfaat daun kemangi untuk kekebalan tubuh

Kandungan betakaroten pada daun kemangi dapat meningkatkan kekebalan tubuh. Selain itu juga dapat memperbaiki sel-sel y tubuh yang sudah rusak. Bakteri baik yang ada dalam tubuh bisa terus memberikan manfaatnya dengan tingkat pH normal sehingga hal ini juga yang berperan aktif dalam meningkatkan kekebalan tubuh.

5. Manfaat daun kemangi untuk diabetes

Kandungan nutrisi pada daun kemangi bermanfaat untuk menstabilkan kadar gula darah sekaligus dapat menurunkan kadar gula darah tinggi pada penderita diabetes.

6. Manfaat daun kemangi untuk melancarkan pencernaan

Daun kemangi juga memiliki serat yang sangat bermanfaat untuk meningkatkan fungsi pencernaan. Selain itu juga dapat mengurangi kram pada perut.

7. Manfaat daun kemangi untuk Kolesterol

Dari hasil sebuah studi, daun kemangi dapat mengurangi kolesterol tinggi dalam tubuh. Kandungan zat antioksidan dan fitokimia pada daun kemangi bisa mengatasi penumpukan kolesterol pada pembuluh darah sehingga terhindar dari aterosklerosis.

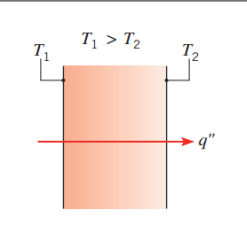
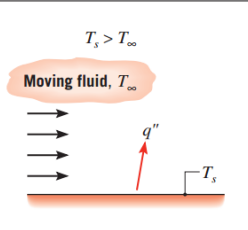
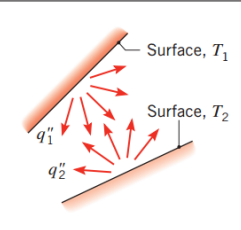
8. Manfaat daun kemangi untuk asam urat

Kandungan minyak esensial yang terkandung dalam daun kemangi yaitu eugenol, sitronelol, dan linalool berperan sebagai zat anti-inflamasi. Dengan begitu tubuh kita terhindar dari terkena risiko peradangan seperti asam urat.

2.2 Pengertian Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan perpindahan energi sebagai akibat dari adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas ini terjadi dari media yang memiliki temperatur tinggi menuju ke media yang bertemperatur rendah. Mekanisme terjadinya proses dan medium perpindahan panas tersebut, di bagi menjadi tiga macam, yaitu:

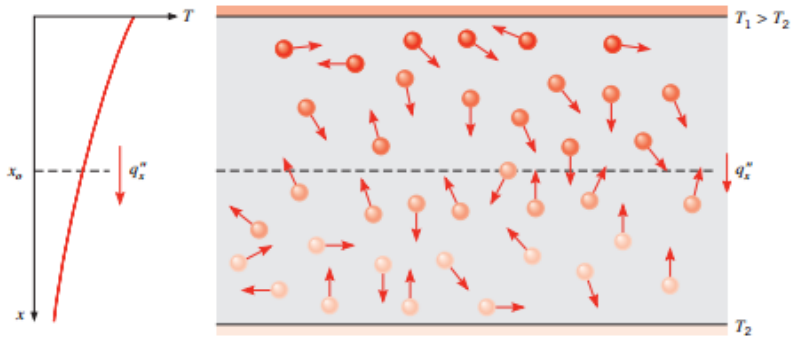
1. Konduksi
2. Konveksi
3. Radiasi

Conduction through a solid or a stationary fluid	Convection from a surface to a moving fluid	Net radiation heat exchange between two surfaces
		

Gambar 2.3 Perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi
(sumber: Referensi 1,halaman 2)

2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas yang bergantung pada aktivitas pada level atom dan molekuler. Konduksi digambarkan sebagai perpindahan panas yang terjadi dari partikel yang berenergi lebih tinggi ke partikel yang berenergi lebih rendah dari suatu media sebagai akibat dari interaksi antar partikel tersebut. Gambar 2.2 memperlihatkan mekanisme tersebut. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa partikel-partikel bergerak secara acak sehingga memungkinkan satu partikel bersinggungan dengan partikel yang lain. Sehingga apabila yang bersinggungan tersebut partikel yang berbeda tingkat energinya maka perpindahan panas pasti terjadi. Jika $T_1 > T_2$ maka akan terjadi perpindahan panas ke arah sumbu x positif. Karena perpindahan panas konduksi terjadi akibat gerakan acak partikel maka juga disebut **diffusi energi**.



Gambar 2.4 Perpindahan Panas konduksi dengan diffusi energi akibat aktivitas molekuler
(sumber: Referensi 1,halaman)

Untuk menghitung laju perpindahan diperlukan persamaan yang sesuai dengan mode dari perpindahan panas tersebut. Persamaan laju perpindahan panas konduksi satu dimensi pada dinding datar dikenal dengan persamaan (hukum) **Fourier**. Pada gambar 1.3 jika $T_1 > T_2$ maka ada distribusi temperatur kearah sumbu x $T(x)$, persamaan laju perpindahan panas adalah:

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \quad [1]$$

$$q_x = -k \frac{dT}{dx} \text{ dimana : } q = \text{laju perpindahan panas (W)}$$

Keterangan :

q_x'' : fluks panas (W/m^2) adalah laju perpindahan panas ke arah sumbu x positif per unit kuasan yang tegak lurus arah perpindahan panas.

$\frac{dT}{dx}$: gradient temperatur

k : konduktivitas panas ($W/m^\circ K$) adalah karakteristik individu material dinding

Tanda minus adalah konsekuensi bahwa panas berpindah dari lokasi yang bertemperatur tinggi ke yang lebih rendah. Jika distribusi temperatur linier maka:

$$q''_{cond} = -k \frac{\Delta T}{L} \quad [1]$$

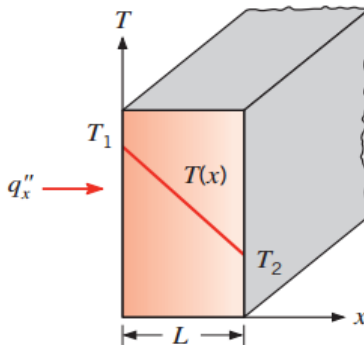
Dimana:

q''_{cond} = fluks perpindahan panas konduksi (W/m^2)

ΔT = perbedaan temperatur (K)

k = konduktivitas thermal ($\text{W/m} \cdot ^\circ\text{K}$)

L = jarak (m)

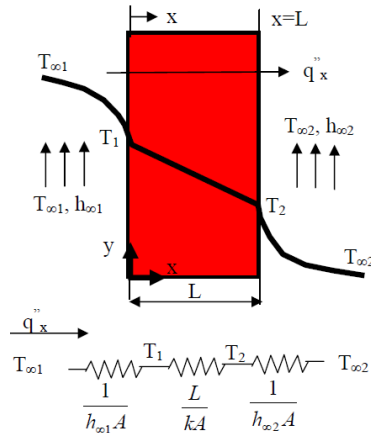


Gambar 2.5 Konduksi satu dimensi steady state
(sumber: Referensi 1,halaman 4)

Dalam beberapa hal proses perpindahan panas secara konduksi bisa terjadi pada bentuk:

- Dinding Datar

Konduksi satu dimensi pada dinding datar, distribusi temperatur hanya kearah satu sumbu saja misalnya sumbu x, sehingga perpindahan panas hanya terjadi kearah sumbu x saja.



Gambar 2.6 Perpindahan Panas pada Dinding Datar
(sumber: Diktat Perpindahan Panas Ir.Joko Sarsetiyanto, MT.)

Pada gambar diatas terlihat panas berpindah secara konveksi dari udara di bagian dalam ke dinding dalam, kemudian dilanjutkan dengan konduksi dari dinding dalam ke dinding luar, lalu diteruskan lagi dengan konveksi dari dinding luar ke udara luar.

- Distribusi Temperatur

Distribusi temperatur pada dinding dapat diperoleh dengan menyelesaikan persamaan difusi panas berikut ini.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{dT}{dx} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{dT}{dy} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{dT}{dz} \right) + q'' \quad [1]$$

Untuk konduksi satu dimensi kearah sumbu x dan tanpa ada pembangkitan panas maka:

$$\frac{d}{dx} \left(k \frac{dT}{dx} \right) = 0$$

Jika konduktivitas termal dinding dianggap konstan, lalu diintegrasikan dua kali maka didapat solusi:

$$T(x) = C_1 x + C_2$$

Konstanta C tersebut dicari dengan kondisi batas berikut ini:

$$T(x = 0) = T_1 \text{ dan } T(x = L) = T_2$$

Jadi : $T_1 = C_2$ dan $T_2 = C_1L + C_2$ atau $T_2 = C_1L + T_1$ sehingga diperoleh :

$$C_1 = \frac{T_2 - T_1}{L}$$

Substitusi C_1 dan C_2 ke persamaan 1 dan 2 didapatkan :

$$T(x) = (T_2 - T_1)\frac{x}{L} + T_1 \text{ Fourier :}$$

Untuk menghitung laju perpindahan panas digunakan hukum

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} = -\frac{kA}{L}(T_2 - T_1) \quad [1]$$

- Hambatan Termal

Untuk kasus perpindahan panas seperti tersebut diatas peristiwa difusi panas dianalogikan dengan aliran arus listrik dan hambatan listrik dianalogikan dengan hambatan perpindahan panas, serta beda potensial dianalogikan dengan beda temperatur.

$$R_{kond} = \frac{\Delta T}{q} = \frac{L}{kA} \quad [1]$$

Sebaliknya laju perpindahan panas dapat ditulis :

$$q_{kond} = \frac{\Delta T}{R_{kond}} = \frac{(T_2 - T_1)}{R_{kond}}$$

R_{kond} disebut hambatan perpindahan panas konduksi. Analisis yang sama jika diterapkan pada kasus konveksi, maka didapat hambatan perpindahan panas konveksi R_{konv} :

$$q = hA(T_s - T_\infty) \quad [1]$$

$$R_{konv} = \frac{\Delta T}{q} = \frac{1}{hA}$$

Dan laju perpindahan panas konveksi ditulis :

$$q_{konv} = \frac{\Delta T}{R_{konv}} = \frac{(T_s - T_{\infty})}{R_{konv}}$$

Dalam suatu rangkaian hambatan listrik arus yang mengalir di tiap-tiap hambatan sama, dan analoginya laju perpindahan panas pada tiap-tiap hambatan perpindahan panas juga sama, maka:

$$q_x = \frac{(T_{\infty 1} - T_1)}{\frac{1}{h_{\infty 1}}} = \frac{(T_2 - T_1)}{\frac{L}{kA}} = \frac{(T_2 - T_{\infty 2})}{\frac{1}{h_{\infty 1}}}$$

Dan juga dapat ditulis dalam bentuk beda temperatur total:

$$q_x = \frac{(T_{\infty 1} - T_{\infty 2})}{R_{tot}} = \frac{\Delta T}{R_{tot}}, \text{ dimana :}$$

$$R_{tot} = \frac{1}{h_{\infty 1}A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_{\infty 2}A}$$

R_{tot} disebut hambatan perpindahan panas keseluruhan (overall heat transfer resistant)

Persamaan 19) dapat ditulis dalam bentuk lain yaitu :

$$q_x = UA\Delta T \quad [1]$$

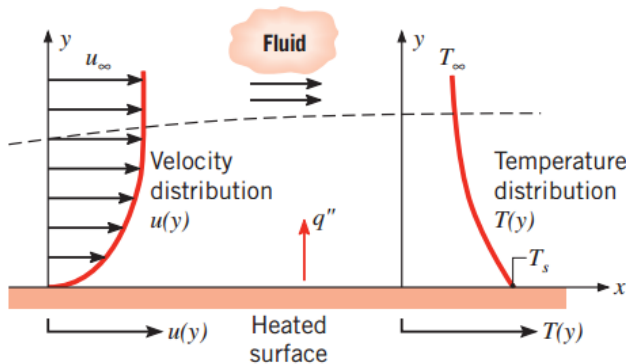
$$UA = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{\infty 1}A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_{\infty 2}A}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{\infty 1}} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_{\infty 2}}}$$

U disebut koefisien perpindahan panas keseluruhan.

2.2.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi didukung oleh gerakan acak molekuler dan gerakan makroskopik dari fluida diantara permukaan dan lapisan batas. Kontribusi dari gerak acak molekuler (diffusi) biasanya lebih dominan di daerah dekat dengan permukaan padat dimana pada daerah tersebut kecepatan aliran makroskopiknya nol. Jadi pada daerah tersebut ($y=0$) panas dipindahkan melalui mekanisme gerak acak molekuler. Kontribusi dari gerakan makroskopik fluida, dimulai pada daerah dimana sudah terjadi pertumbuhan lapisan batas, yang artinya kecepatan aliran fluida (kearah sumbu x) meningkat sedikit lebih besar dari nol.



Gambar 2.7 Distribusi kecepatan dan distribusi temperatur
(sumber: Referensi 1,halaman 6)

Laju perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$q''_{\text{konveksi}} = h(T_s - T_{\infty}) \quad [1]$$

Dimana:

q''_{conv} = fluks perpindahan panas konveksi (W/m^2)

h = koefisien konveksi (K)

T_s = temperatur permukaan (K)

T_{∞} = temperatur fluida (K)

Perpindahan panas konveksi juga dikategorikan berdasarkan penyebab terjadinya aliran fluida. Jika aliran fluida yang terjadi disebabkan oleh faktor eksternal seperti: pompa, fan/blower atau juga angin pada udara atmosfer maka perpindahan panas konveksi yang terjadi disebut konveksi paksa. (forced convection). Jika aliran fluida dihasilkan oleh tarikan gaya buoyancy yang dihasilkan oleh adanya variasi massa jenis fluida, (variasi massa jenis dihasilkan oleh adanya perbedaan temperatur antara satu lokasi dengan lokasi yang lain dalam satu wadah) maka disebut konveksi bebas atau konveksi alam.

Ditinjau dari gerakan fluidanya perpindahan panas konveksi secara umum dibedakan menjadi dua yaitu :

a. Konveksi Paksa

Disebut konveksi paksa (forced convection) apabila aliran yang terjadi ditimbulkan oleh beberapa peralatan bantu seperti blower, pompa, kompresor, dan lain-lain.

b. Konveksi alamiah atau konveksi bebas

Konveksi alamiah (natural convection) adalah aliran fluida yang terjadi semata-mata karena adanya perbedaan massa jenis fluida yang disebabkan oleh perbedaan temperatur. Korelasi konveksi alamiah atau konveksi bebas ada dua yaitu :

- Korelasi Plat Vertical

Apabila plat itu dipanaskan, terbentuklah suatu lapisan batas konveksi bebas. Pada dinding kecepatan adalah nol, karena terdapat kondisi tanpa gelincir (no slip), kecepatan itu bertambah terus sampai mencapai nilai maksimum, dan kemudian menurun lagi hingga nol pada tepi lapisan batas, karena kondisi arus bebas. Perkembangan awal lapisan batas adalah laminar, tetapi pada sifat-sifat fluida dan beda suhu antara dinding dan lingkungan, terbentuklah pusaran-pusaran dari transisi ke lapisan turbulen.

Pada sistem konveksi bebas dapat dijumpai bilangan tak berdimensi yang disebut bilangan Grashof (Gr).

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad [1]$$

Dan Rayleigh Number (Ra_L)

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \quad [1]$$

Dimana :

Pr = Bilangan Prandtl

g = Percepatan gravitasi, ($\frac{m}{s^2}$)

L = Panjang karakteristik, (m)

ν = Viskositas Kinematik, ($\frac{m^2}{s}$)

β = Koefisien Ekspansi Volume ($\frac{1}{T_f}$), (K^{-1})

α = Difusivitas Termal, ($\frac{m^2}{s}$)

Dimana semua properties dievaluasi pada temperatur film (T_f). Untuk menganalisa konveksi bebas pada plat datar harus ditentukan dulu harga koefisien perpindahan panas konveksi dan *Nusselt Number*.

- Untuk aliran laminar : $10^{-1} < Ra_L < 10^9$

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,67Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(0,492/Pr\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \quad [1]$$

- Untuk aliran turbulen : $10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$

$$\overline{Nu}_L = \left\{ 0,825 + \frac{0,387Ra_L^{\frac{1}{6}}}{\left[1 + \left(0,492/Pr\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 \quad [1]$$

Sehingga :

$$h = \frac{\overline{Nu_L} k}{L} \quad [1]$$

Dimana :

h = Koefisien perpindahan panas konveksi $\left(\frac{W}{m^2 \circ K}\right)$

$\overline{Nu_L}$ = Nusselt Number

k = konduktifitas termal, $\left(\frac{W}{m \circ K}\right)$

L = Tinggi Dinding, (m)

- Korelasi pada Plat Horizontal
Nusselt Number rata-rata untuk konveksi bebas tergantung pada apakah permukaan plat panas menghadap ke atas (*hot surface facing up*) atau menghadap ke bawah (*hot surface facing down*) dan apakah permukaan plat lebih panas atau lebih dingin daripada fluida di sekitarnya.

- Untuk plat horizontal dengan permukaan panas menghadap ke atas (*hot surface facing up*)

$$1. \quad \overline{Nu_L} = 0,54 Ra_L^{\frac{1}{4}}, (10^4 \leq Ra_L \leq 10^7) \quad [1]$$

$$2. \quad \overline{Nu_L} = 0,15 Ra_L^{\frac{1}{3}}, (10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}) \quad [1]$$

- Untuk plat horizontal dengan permukaan panas menghadap ke bawah (*hot surface facing down*)

$$\bullet \quad \overline{Nu_L} = 0,27 Ra_L^{\frac{1}{4}}, (10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10}) \quad [1]$$

Sehingga :

$$h = \frac{\overline{Nu_L} k}{L} \quad [1]$$

Dimana :

h = Koefisien perpindahan panas konveksi, $\left(\frac{W}{m^2 \circ K}\right)$

$\overline{Nu_L}$ = Nusselt Number

k = Konduktivitas Termal, $\left(\frac{W}{m^{\circ}K}\right)$

L = Panjang karakteristik, (m)

Panjang karakteristik pada plat horizontal dapat diambil sebagai panjang sisi untuk persegi, setengah lebar plat untuk plat persegi panjang dan $0,9 D$ untuk cakram bola dengan diameter D .

$$L = \frac{A}{P} = \frac{w}{2} \quad [1]$$

Dimana :

L = Panjang karakteristik, (m)

A = Luas permukaan plat, (m^2)

P = Keliling Plat (perimeter), (m)

w = Lebar dinding, (m)

Laju perpindahan panas konveksi dicari dengan hukum pendinginan Newton, yaitu :

$$q = hA(T_s - T_{\infty}) \quad [1]$$

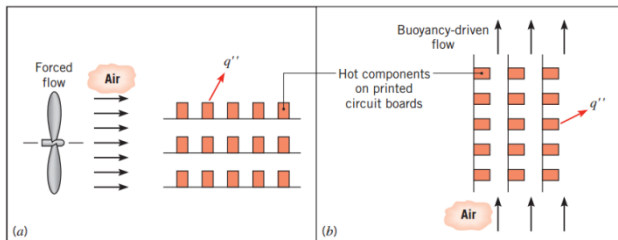
Dimana :

q = Laju perpindahan panas konveksi, (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi, $\left(\frac{W}{m^2^{\circ}K}\right)$

T_s = Temperatur permukaan, ($^{\circ}C$)

T_{∞} = Temperatur Fluida, ($^{\circ}C$)



Gambar 2.8 Perpindahan Panas Konveksi

(sumber: Referensi 1,halaman 7)

Dalam analisis perpindahan panas konveksi maka faktor utama yang harus ditentukan : koefisien perpindahan panas konveksi akan bergantung dari medan aliran yaitu bilangan

Reynold (Re) dan bilangan Prandtl (Pr) selain dari bentuk lintasannya.

Bilangan Reynold (Re) merupakan suatu perbandingan antara gaya inersia dengan gaya gesek dari fluida tersebut yang besarnya adalah :

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad [1]$$

Dimana :

V = Kecepatan Fluida, $\left(\frac{m}{s}\right)$

L = Panjang lintasan, (m)

ν = Viskositas kinematik, $\frac{m^2}{s}$

Bilangan Prandtl (Pr) adalah suatu parameter yang menunjukkan perbandingan antara viskositas kinematik dan difusifitas termal dari fluida. Viskositas kinematik fluida memberikan informasi tentang laju difusi momentum dalam fluida karena gerak molekul, difusi termal memberikan informasi tentang hal yang serupa mengenai difusi panas dalam fluida. Jadi perbandingan antara kedua kuantitas itu menunjukkan besaran relatif antara difusi momentum dan difusi kalor di dalam fluida. Besarnya bilangan Prandtl adalah :

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\rho Cp}{k} = \frac{Cp\mu}{k} \quad [1]$$

Dimana :

ν = Viskositas kinematik, $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

Cp = Konstanta panas spesifik pada tekanan konstan, $\left(\frac{J}{kg^\circ K}\right)$

ρ = Density fluida, $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

k = Konduktivitas Panas Fluida, $\left(\frac{W}{m^\circ K}\right)$

μ = Viskositas Absolute, $\left(\frac{kg}{s.m}\right)$

Untuk menentukan koefisien perpindahan panas konveksi digunakan bilangan Nusselt yang didapat dari percobaan/analisis. Bilangan Nusselt didefinisikan sebagai :

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{Kf} \quad [1]$$

Dimana :

\overline{Nu}_L = Bilangan Nusselt

\bar{h} = Koefisien Perpindahan Panas Konveksi, $\left(\frac{W}{m^2 \circ K}\right)$

Kf = Konduktifitas Fluida, $\left(\frac{W}{m \circ K}\right)$

Bilangan Nusselt merupakan fungsi dari medan aliran yaitu bilangan Reynold (Re) dan bilangan Prandtl (Pr). Hubungan antara \overline{Nu}_L dengan Re dan Pr tergantung dari bentuk aliran dan lintasan.

Hubungan ini biasanya didapat dengan percobaan, misalnya :

- Untuk aliran laminar melintasi plat datar

$$\overline{Nu}_L = 0,664 Re^{\frac{1}{2}} \times Pr^{\frac{1}{3}} \quad [1]$$

- Untuk aliran turbulen melintasi plat datar

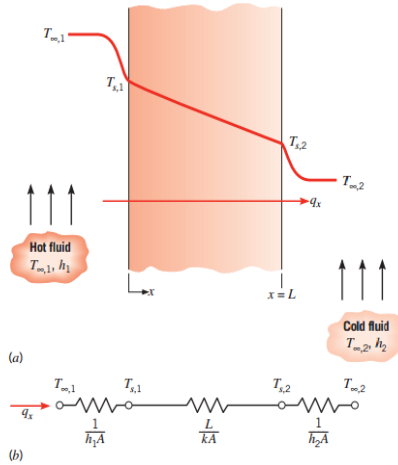
$$\overline{Nu}_L = 0,0296 Re^{\frac{4}{5}} \times Pr^{\frac{1}{3}} \quad [1]$$

2.2.3 Perpindahan Panas Gabungan

Di dalam praktek perpindahan panas yang terjadi tidak hanya dalam satu mekanisme saja melainkan terjadi secara gabungan antara konduksi, konveksi, dan radiasi maupun ketiga mekanisme tersebut.

Perpindahan panas gabungan antara konduksi dengan konveksi seperti gambar di bawah ini akan lebih mudah menentukannya jika dengan menggunakan metode thermal resistant (R). Karena dengan

tanpa mengetahui temperatur permukaan benda ($T_{s,1}$ dan $T_{s,2}$) besarnya perpindahan panas dapat diketahui.



Gambar 2.9 Perpindahan panas antara konduksi dengan konveksi
(sumber: Referensi 1,halaman 112)

Maka laju perpindahan panas :

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{tot}} \quad [1]$$

$$R_{tot} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{1}{KA} + \frac{1}{h_2 A}$$

Dimana :

R_{tot} = tahanan total panas, $\left(\frac{^{\circ}K}{W}\right)$

$T_{\infty,1}$ = temperatur fluida 1, ($^{\circ}C$)

$T_{\infty,2}$ = temperatur fluida 2, ($^{\circ}C$)

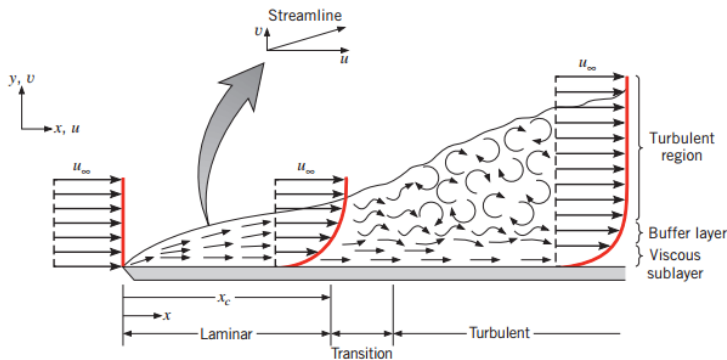
h_1 = koefisien konveksi fluida 1, $\left(\frac{W}{m^2 \circ K}\right)$

h_2 = koefisien konveksi fluida 2, $\frac{W}{m^2 \circ K}$

A = Luas permukaan perpindahan panas, (m^2)

2.3 Aliran Laminer dan Turbulen

Dalam memperlakukan setiap persoalan konveksi, langkah pertama yang diambil adalah menentukan aliran tersebut laminar atau turbulen. Gesekan permukaan dan laju perbedaan konveksi sangat tergantung pada keberadaan kondisi tersebut. Seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini, ada perbedaan tajam antara kondisi laminar dan turbulen. Pada batas laminar, pergerakan fluida sangat teratur an memungkinkan untuk mengidentifikasi partikel-partikel memanjang pada garis *streamline*.



Gambar 2.10 Pengembangan lapisan batas kecepatan pada plat datar
(sumber: Referensi 1,halaman 389)

Pergerakan fluida memanjang garis streamline dikarakteristikan oleh komponen kecepatan pada kedua arah x dan y. Karena komponen kecepatan V adalah normal pada permukaan, maka komponen tersebut dapat memberikan kontribusi yang cukup

pada perpindahan momentum, energi, dan spesies melalui lapisan batas. Perpindahan fluida normal pada permukaan adalah diperlukan oleh pertumbuhan lapisan batas pada arah x .

Berbeda dengan pergerakan fluida pada lapisan batas turbulen yang sangat tidak teratur dan dikarakteristik oleh fluktuasi kecepatan. Fluktuasi ini menambah perpindahan momentum, energi, dan spesies. Karena itu menambah laju perpindahan konveksi. Sebagai akibat hasil percampuran dari fluktuasi, ketebalan lapisan batas turbulen adalah lebih besar dari profil lapisan batas kecepatan, lapisan batas temperatur, dan lapisan batas konsentrasi. Adalah lebih datar daripada lapisan laminar.

Kondisi ini digambarkan secara skematis pada gambar 2.9 Untuk pengembangan lapisan batas pada plat datar. Lapisan batas mula-mula laminar, tetapi untuk suatu jarak dari ujung, transisi ke aliran turbulen mulai terjadi fluktuasi fluida untuk berkembang pada daerah transisi dan lapisan batas akhirnya menjadi turbulen penuh. Perpindahan menjadi turbulen diikuti oleh kenaikan yang cukup berarti pada ketebalan lapisan batas, tahanan geser dinding, dan koefisien konveksi.

Pada lapisan batas turbulen, tiga daerah berbeda dapat dilukiskan. Pada laminar sublayer, transport didominasi oleh difusi dan profil kecepatan adalah mendekati linier. Dan pada lapisan daerah turbulen transport didominasi oleh campuran turbulen.

Pada perhitungan sifat lapisan batas, sering digunakan untuk mengasumsikan bahwa transisi terjadi pada local X_c . Bilangan Reynold kritis adalah nilai dari (Re) pada transisi yang terjadi dan untuk aliran luar bilangan tersebut diketahui bervariasi dari 10^5 sampai 3×10^6 , tergantung pada kekasaran permukaan. Asumsi umum untuk perhitungan lapisan batas diambil harga Reynold sebesar : $Re = 5 \times 10^5$. Bila bilangan Reynoldnya $< 5 \times 10^5$ disebut aliran laminar, $5 \times 10^5 < Re < 5 \times 10^8$ disebut aliran transisi dan $Re > 5 \times 10^8$ disebut aliran turbulen.

2.3.1 Rapat Massa dan Volume Spesifik

Rapat massa (ρ) dari suatu fluida adalah massa yang mengisi satu satuan volume, sebaliknya volume spesifik (v) adalah volume yang diisi oleh satu satuan massa. Rapat massa dan volume spesifik saling berkaitan satu sama lain. Rapat massa udara pada tekanan atmosfer standar dengan suhu 25 °C mendekati $1,2 \frac{kg}{m^3}$.

2.3.2 Kalor Spesifik

Kalor spesifik dari suatu bahan bakar adalah jumlah energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu satuan massa bahan tersebut sebesar 1°K. Dua besaran yang umum adalah kalor spesifik pada volume tetap (C_v) dan kalor spesifik pada tekanan konstan (C_p). Besaran yang kedua banyak dipakai pada proses pemanasan dan pendinginan.

2.3.3 Perpindahan Massa

Bentuk perpindahan masa secara garis besar dapat dibagi menjadi dua macam yaitu :

- Perpindahan massa secara konveksi
- Perpindahan massa yang diakibatkan oleh difusi

Perpindahan massa jenis umumnya sebagai akibat perbedaan konsentrasi komponen yang terdapat pada campuran. Gradien konsentrasi cenderung untuk menggerakkan komponen dengan arah sedemikian rupa agar dicapai keseimbangan konsentrasi dan menghilangkan gradien tersebut.

Walaupun difusi biasanya diakibatkan oleh gradien konsentrasi, didapat juga diakibatkan oleh perbedaan tekanan, temperatur, ataupun oleh paksaan dari luar. Difusi molekular yang timbul sebagai gradien tekanan, oleh temperatur tersebut disebut difusi termal dan oleh gaya luar disebut difusi paksa.

Difusi adalah aliran zat fisik, yang terjadi pada kecepatan yang terbatas. Komponen yang berdifusi umumnya

meninggalkan ruang di belakangnya dan ruang baru harus ditentukan untuk lokasi barunya.

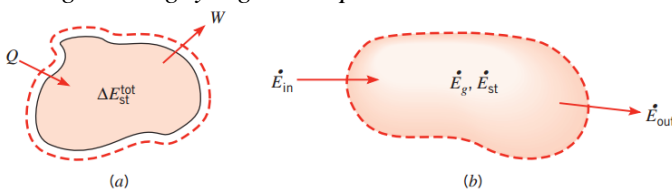
2.4 Kekekalan Energi

Analisis perpindahan panas merupakan perluasan dari termodinamika yang memperhatikan laju perpindahan energi. Selanjutnya dalam menganalisis perpindahan panas Hukum I Termodinamika (hukum kekekalan energi) memegang peranan penting dalam melakukan analisis.

2.4.1 Kekekalan Energi Volume Atur

Dalam menganalisis perpindahan panas perlu melakukan identifikasi volume atur yaitu melakukan pembatasan terhadap daerah yang dilalui energi/material dengan mengacu pada hukum I termodinamika, maka kekekalan energi volume atur dapat didefinisikan sebagai :

Laju energi termal dan mekanika yang memasuki volume atur dikurangi dengan laju energi yang meninggalkan volume atur sama dengan energi yang tersimpan di dalam volume atur.



Gambar 2.11 Kekekalan energi volume atur
(sumber: Referensi 1,halaman 13)

Notasi untuk energi yang masuk meninggalkan volume atur adalah E_{st} . Bentuk umum dari kekekalan energi dapat dinyatakan :

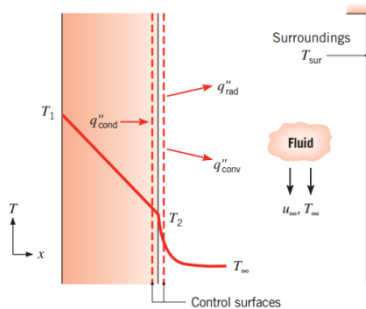
$$E_{in} + E_g - E_{out} = E_{st} \quad [1]$$

2.4.2 Kestimbangan Energi Permukaan

Pada kasus khusus dimana permukaan atur tidak mempunyai massa/volume dan tidak berhubungan dengan energi

bangkitan, serta syarat kekekalan energi berlaku untuk keadaan tunak (*steady state*) dan kondisi transisi (*transient*), maka :

$$E_{in} = E_{out} \quad [1]$$



Gambar 2.12 Kekekalan energi permukaan sebuah media
(sumber: Referensi 1,halaman 27)

Pada gambar di atas ditunjukkan tiga bentuk perpindahan panas permukaan atur dengan basis persatuan luas. Ketiga bentuk tersebut adalah konduksi dari media ke permukaan luar, konveksi dari permukaan ke fluida, dan pertukaan radiasi netto dari permukaan ke sekeliling. Sehingga kesetimbangan energi gambar di atas :

$$q''_{konduksi} - q''_{konveksi} - q''_{radiasi} = 0 \quad [1]$$

2.5. Perpindahan Panas Kalor Sensibel dan Kalor Laten

Kalor adalah salah satu bentuk energi. Jika suatu zat menerima atau melepaskan kalor, maka ada dua kemungkinan yang akan terjadi. Yang pertama adalah terjadinya perubahan temperatur dari zat tersebut, kalor yang seperti ini disebut dengan kalor sensibel (*sensible heat*). Dan yang kedua adalah terjadi perubahan fase zat, kalor jenis ini disebut dengan kalor laten (*latent heat*).

2.5.1 Kalor Sensibel (*Sensible Heat*)

Apabila suatu zat menerima kalor sensibel maka akan mengalami peningkatan temperatur, namun jika zat tersebut melepaskan kalor sensibel maka akan mengalami penurunan temperatur.

Persamaan kalor sensibel adalah sebagai berikut :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad [3]$$

Dimana :

Q = Energi kalor yang dilepas atau diterima suatu zat (J)

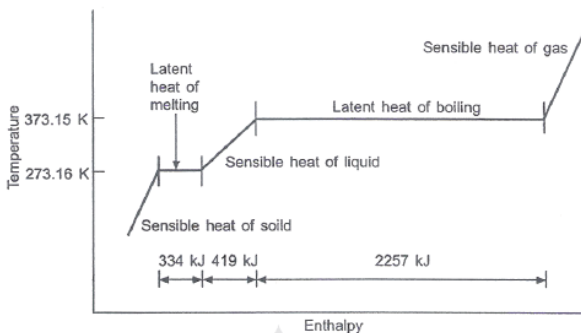
m = Massa zat yang mengalami perubahan temperatur (kg)

C_p = Kalor jenis zat ($\frac{J}{kg \cdot K}$)

ΔT = Perubahan temperatur yang terjadi (K)

2.5.2 Kalor Laten (*Latent Heat*)

Jika suatu zat menerima atau melepaskan kalor, pada awalnya akan terjadi perubahan temperatur, namun demikian hal tersebut suatu saat akan mencapai keadaan jenuhnya dan menyebabkan perubahan fase. Kalor yang demikian itu disebut sebagai kalor laten. Pada suatu zat terdapat dua macam kalor laten, yaitu kalor laten peleburan atau pembekuan dan kalor laten penguapan atau pengembunan. Kalor laten suatu zat biasanya lebih besar dari kalor sensibelnya, hal ini karena diperlukan energi yang besar untuk merubah fase suatu zat.



Gambar 2.13 Energi yang dibutuhkan untuk merubah temperatur dan fase air
(sumber: Referensi 3)

Secara Umum kalor laten yang digunakan untuk merubah fase suatu zat dirumuskan dengan :

$$Q = m \cdot h_l \quad [3]$$

Dimana :

Q = Energi kalor yang dilepas atau diterima suatu zat (J)

h_l = Kalor Laten (kJ/kg)

Jika udara mengalir melewati suatu permukaan basah, akan terjadi perpindahan kalor sensibel dan kalor laten secara bersamaan. Bila terdapat perbedaan suhu antara udara dan permukaan basah tersebut akan terjadi perpindahan kalor sensibel dan kalor laten secara bersamaan. Bila terdapat perbedaan suhu antara permukaan basah tersebut maka kalor akan dipindahkan. Bila terdapat perbedaan temperatur antara tekanan parsial uap air di udara dan tekanan parsial uap air pada permukaan basah, maka akan terjadi perpindahan massa uap air. Perpindahan massa ini menyebabkan perpindahan panas juga, karena pada saat air mengembun, kalor laten harus dikeluarkan dari air tersebut. Sebaliknya jika sejumlah cairan menguap dari lapisan permukaan basah, maka harus diberikan kalor penguapan pada air tersebut.

2.6 Proses Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan, yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada 2 golongan, yaitu:

1) Faktor yang berhubungan dengan udara pengering

Yang termasuk dalam golongan ini adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering, dan kelembaban udara.

2) Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan

Yang termasuk dalam golongan ini adalah ukuran bahan, kadar air awal, dan tekanan parsial dalam bahan.

Pada pengeringan mekanisme ini, memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat, memanaskan bahan, menguapkan air bahan serta menggerakkan udara. Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan maka makin tinggi pula energi yang disuplai dan makin cepat pula laju pengeringannya. Akan tetapi, pengeringan yang terlalu cepat kering. Sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pengeringan air bahan ke permukaan bahan. Hal ini menyebabkan pengerasan pada permukaan bahan (hardening). Selanjutnya air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalangi permukaan bahan yang telah kering. Disamping itu pula penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak bahan.

- Tidak tergantung cuaca
- Mudah dikendalikan
- Tidak memerlukan tempat yang luas
- Kondisi pengeringan dapat dikendalikan

Proses pengeringan mekanis dapat dilakukan dengan dua metode yaitu :

1. Pengeringan langsung/konveksi adalah bahan dikeringkan dengan cara mengeluarkan udara pengering melewati bahan
2. Pengeringan tidak langsung/konduksi adalah dinding panas yang bersentuhan dengan bahan yang akan dikeringkan secara konduksi.

Peristiwa yang terjadi selama pengeringan meliputi dua proses yaitu :

- Perpindahan panas dari luar ke bahan
- Perpindahan massa air dari permukaan bahan ke udara dan dari dalam bahan ke permukaan.

Proses perpindahan panas terjadi karena suhu lebih melewati permukaan bahan secara konveksi ataupun oleh dinding panas secara konduksi dan panas ini akan menaikkan suhu permukaan dan menaikkan tekanan uap air permukaan. Sehingga terjadi perpindahan dalam bentuk uap air di dalam

bahan berada dalam kesetimbangan dengan tekanan uap air di udara sekitar. Pada saat pengeringan dimulai, panas diberikan ke bahan akan menaikkan tekanan uap air terutama sejalan dengan kenaikan suhunya.

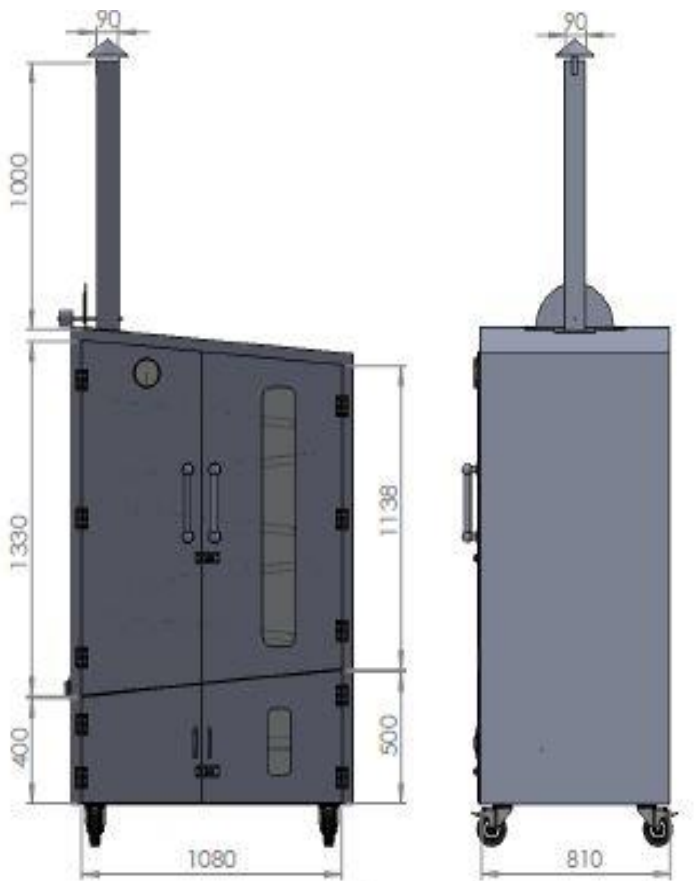
Pada saat proses ini terjadi perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air sehingga terjadi pengeringan pada permukaan bahan. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bahan. Maka terjadi pergerakan air secara difusi dari dalam bahan ke permukaan bahan diulangi lagi. Akhirnya setelah air bahan berkurang, tekanan uap air bahan menurun sampai terjadi kesetimbangan dengan udara sekitarnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Desain dan Data Spesifikasi Alat

Berikut ini adalah desain 2D dari model oven :



Gambar 3.1 Gambar Tampak Depan dan Samping Oven Pengering Daun Kemangi

Beberapa data yang diperlukan untuk melakukan analisis adalah sebagai berikut:

- Dimensi oven [3]

Panjang	=	108 cm	= 1,08 m
Lebar	=	81 cm	= 0,81 m
Tinggi kanan	=	133 cm	= 1,33 m
Tinggi kiri	=	113,8 cm	= 1,138 m

- Dimensi cerobong [3]

Panjang	=	9 cm	= 0,09 m
Lebar	=	9 cm	= 0,09 m
Tinggi	=	100 cm	= 1 m

$$A_{cerobong} = (0,09 \times 0,09) m^2 = 0,0081 m^2$$

- Dimensi Ruang Bakar [3]

Panjang	=	108 cm	= 1,08 m
Lebar	=	81 cm	= 0,81 m
Tinggi kanan	=	40 cm	= 0,4 m
Tinggi kiri	=	50 cm	= 0,5 m

- Data dinding

- » Bahan Dinding

1. Aluminium

Tebal (L_1)	=	0,15 cm	= 0,0015 m
Konduktivitas termal (k_1)	=		237 W/m ^{°K}

2. Glass Wool (*cellular glass*)

Tebal (L_2)	=	5 mm	= 0,005 m
Konduktivitas termal (k_2)	=		0,058 W/m ^{°K}

3. Galvalume (depan)

Tebal (L_3)	=	0,1 cm	= 0,001 m
Konduktivitas termal (k_3)	=		166 W/m ^{°K}

- » Luas permukaan dinding oven tanpa ruang bakar

1. bagian depan tanpa kaca (A_1) = 1,3327 m²

2. bagian belakang (A_2)= 1,0773 m²
3. bagian kanan (A_3)= 1,3327 m²
4. bagian kiri (A_4)= 0,9217 m²
5. bagian atas (A_5)= 0,8698 m²

» L Karakteristik pada dinding vertikal, diasumsikan sebagai panjang tertinggi pada tiap dinding oven, jadi:

1. L depan, belakang, kanan = 1,33 m
2. L kiri = 1,138 m
3. L karakteristik pada dinding horizontal,

menggunakan rumus :

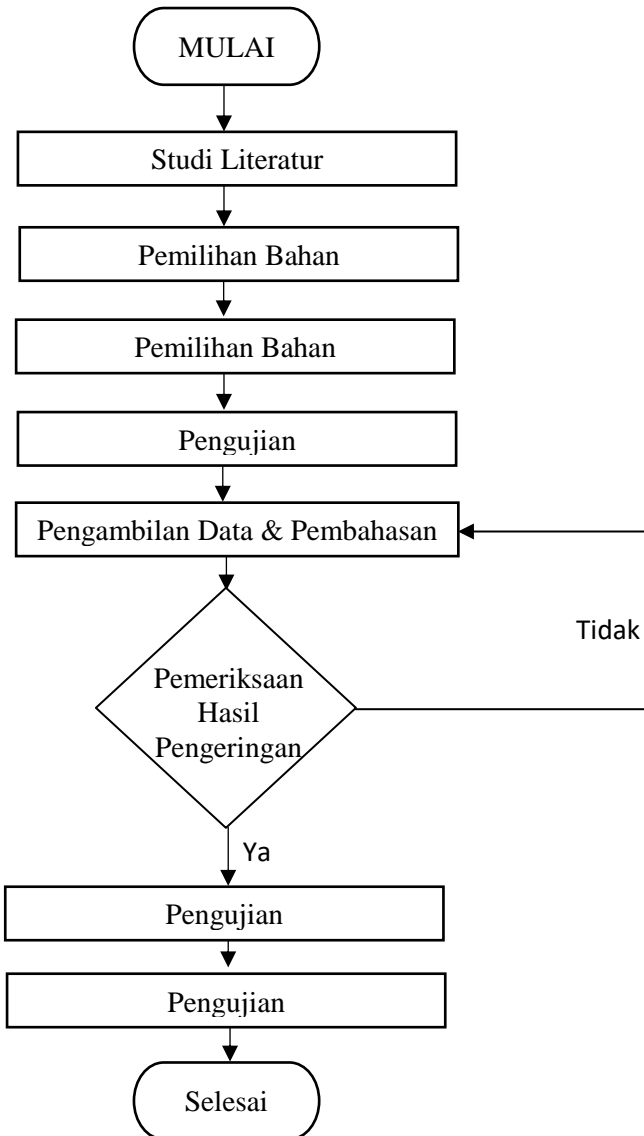
$$L = \frac{4A}{P} = \frac{4 \times (1,08 \text{ m} \times 0,81 \text{ m})}{2 \times (1,08 + 0,81) \text{ m}} = 0,9257 \text{ m}$$

- Data rak dan bak penampung [3]

Panjang	=	89 cm	=	0,89 m
Lebar	=	71,5 cm	=	0,715 m
Pegangan Rak	=	10,5 cm	=	0,105 m

3.2 Diagram Alir Tugas Akhir

Agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, ditempuh melalui beberapa tahapan di antaranya dapat berupa seperti diagram alir di bawah ini :



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Berikut ini merupakan langkah – langkah dalam penyusunan tugas akhir, berikut ini urutan prosesnya :

3.3 Persiapan Awal

- a) Penentuan tema awal Tugas Akhir mengenai pengeringan daun kemangi
- b) Studi Literatur terhadap proses pengujian
- c) Penjadwalan dan persiapan terhadap pengujian bahan
- d) Menyiapkan daun kemangi, dengan membeli di pasar
- e) Menyiapkan alat-alat penunjang pengujian untuk pengambilan data seperti anemometer, infrared thermometer, thermometer, timbangan digital, hygrometer dan wattmeter

3.4 Peralatan Ukur Untuk Pengujian

Dalam pengambilan data – data saat pengujian dibutuhkan beberapa peralatan ukur, diantaranya :

1. **Thermometer**, alat yang digunakan untuk mengukur temperatur ruangan dalam oven. Thermometer yang digunakan dapat mengukur dari 0 hingga 300 °C dengan ketelitian 5 °C.



Gambar 3.3 Thermometer

2. **Anemometer**, alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang keluar dari dalam pengering

ke udara bebas melalui cerobong udara di bagian atas oven. Selain itu juga dapat mengukur temperatur udara yang melewatinya. Anemometer yang digunakan dapat mengukur kecepatan dan temperatur dengan ketelitian 0,1.



Gambar 3.4 Anemometer

3. **Timbangan Digital**, alat yang digunakan untuk mengetahui berat bahan baik bahan sebelum pengeringan maupun bahan setelah menjadi kering, sehingga dapat menghitung persentase hilangnya kandungan air dari sebelum pengeringan sehingga menjadi bahan kering. Timbangan digital yang digunakan dapat mengukur 0,005 kg hingga 30kg.



Gambar 3.5 Timbangan Digital

4. **Higrometer**, alat yang digunakan untuk mengetahui persentase Relative Humidity (RH) dan temperatur basah ruangan. Higrometer yang digunakan dapat mengukur temperatur basah $-50 - 70^{\circ}\text{C}$ dan persentase Relative Humidity (RH) dari 25 hingga 100 %.



Gambar 3.6 Hygrometer

5. **Infrared Thermometer**, alat yang digunakan untuk mengukur temperatur sama halnya dengan termometer namun alat ini lebih praktis. Cara kerja alat ini adalah tinggal menekan tombol dan mengarahkan laser pada bidang yang ingin diukur temperaturnya, kemudian di layar panel akan keluar nilai temperaturnya. Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur permukaan oven bagian dalam ataupun luar. Alat ini memiliki ketelitian 1°C .



Gambar 3.7 Infrared Thermometer

6. **Wattmeter**, instrumen pengukur daya listrik yang pembacaannya dalam satuan watt di mana merupakan kombinasi voltmeter dan amperemeter. Dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk yang ada pada *manual book* atau tabel yang tertera pada wattmeter. Demikian juga dalam hal pembacaannya harus mengacu pada *manual book* yang ada.



Gambar 3.8 Wattmete

3.5 Tata Cara Pengujian

Untuk melakukan suatu pengujian, dilakukan beberapa tahap pengujian di antaranya:

3.5.1 Tahap Persiapan

1. Mempersiapkan bahan yang akan dikeringkan, yaitu daun kemangi yang telah dihilangkan batang daunnya.
2. Menimbang berat awal dari daun kemangi sebelum dikeringkan.
3. Mengatur letak dari daun kemangi pada rak agar tidak menumpuk beberapa bagian.
4. Menghubungkan kabel ke sumber listrik.
5. Memastikan oven telah menyala pada control box.
6. Menyiapkan seluruh alat ukur yang nantinya akan digunakan saat pengambilan data.
7. Meletakkan thermometer di rak agar dapat mengukur temperatur udara di dalam oven tiap tingkatan raknya.
8. Mengatur temperatur oven agar tetap pada temperatur yang diinginkan.



Gambar 3.9 Penataan Daun Kemangi Dan Posisi Rak Dalam Oven

3.5.2 Tahap Pengujian

Sebelum melakukan pengujian daun Kemangi, batang daun terlebih dahulu dibuang karna memang tidak digunakan. Setelah itu daun - daun tersebut diratakan di lima rak yang tersedia, ditata secara acak yang penting tidak saling menumpuk antar daun. Selanjutnya mencolokkan steker ke stop kontak yang mana sudah terpasang wattmeter dan menaikkan tuas ON lalu menaikkan temperatur oven sesuai dengan variasi yang akan dilakukan. Setelah daun kemangi kering, turunkan tuas ke posisi OFF.



Gambar 3.10 Ruang Pemanas

3.5.3 Tahap Pengambilan Data

Dalam setiap pengujian yang penulis lakukan, yang menjadi patokan dalam mencari data – data adalah dengan patokan temperatur. Setelah di dapat temperatur rata – rata barulah pengambilan data dilakukan. Data – data tersebut diambil pada waktu interval tertentu. Kemudian untuk setiap pengujian yang perlu dicatat antara lain:

- Berat daun kemangi total sebelum dan sesudah pengujian
- Kecepatan aliran dan temperatur udara pada cerobong
- Temperatur permukaan daun kemangi di dalam oven

- Temperatur permukaan dinding oven luar maupun dalam
- Temperatur ruangan dalam oven dan ruang bakar
- Temperatur permukaan dinding luar dan dalam ruang bakar
- Persentase Relative Humidity (RH) di dalam dan diluar oven
- Durasi pengujian yang digunakan sampai daun kemangi menjadi kering
- Daya listrik oven pada saat proses pengeringan

3.5.4 Tahap Setelah Pengujian

Tahapan ini yaitu membersihkan dan merapikan peralatan pengujian agar siap untuk digunakan kembali saat pengujian selanjutnya, diantaranya:

- Membersihkan oven dari sisa – sisa hasil pengujian sebelumnya
- Mematikan tuas oven pada control box
- Melepas kabel oven dari sumber listrik
- Mengemas dan menandai hasil pengujian agar tidak tertukar
- Merapikan seluruh alat ukur yang telah digunakan
- Membersihkan lingkungan sekitar tempat pengujian

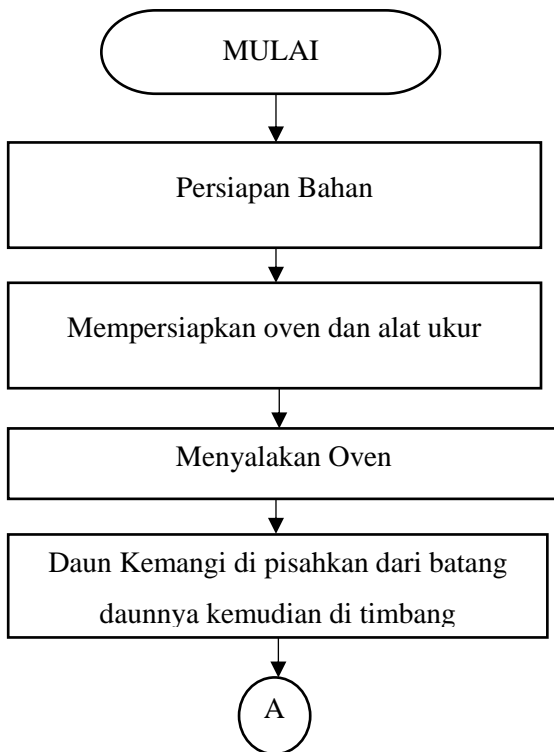
3.5.5 Tahap Pengolahan Data

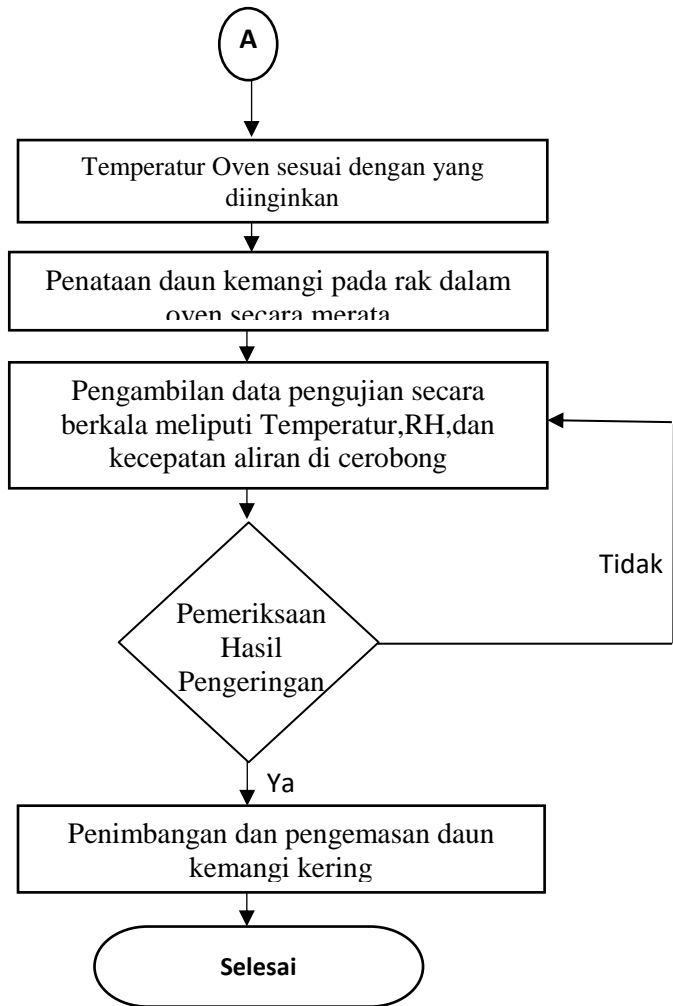
Setelah dilakukan pengujian dan diperoleh data – data dari hasil pengujian, kemudian dilakukan beberapa pengolahan data yang dimasukkan dalam suatu perhitungan di antaranya:

1. Menghitung kerugian panas (Q_{loss}) yang keluar menembus dinding dari pengering selama proses pengeringan bahan dan kerugian akibat adanya udara luar yang masuk ke sistem ($Q_{\text{infiltrasi}}$).
2. Menghitung besar panas yang keluar dari pengering melalui cerobong (Q_{eks}).

3. Menghitung besar panas untuk menghilangkan kadar air daun kemangi (Q_{evap}).
4. Menghitung kehilangan kalor pada ruang bakar.
5. Menghitung kehilangan panas total.
6. Menghitung efektivitas oven.
7. Menghitung kandungan air pada daun kemangi yang berhasil diuapkan.

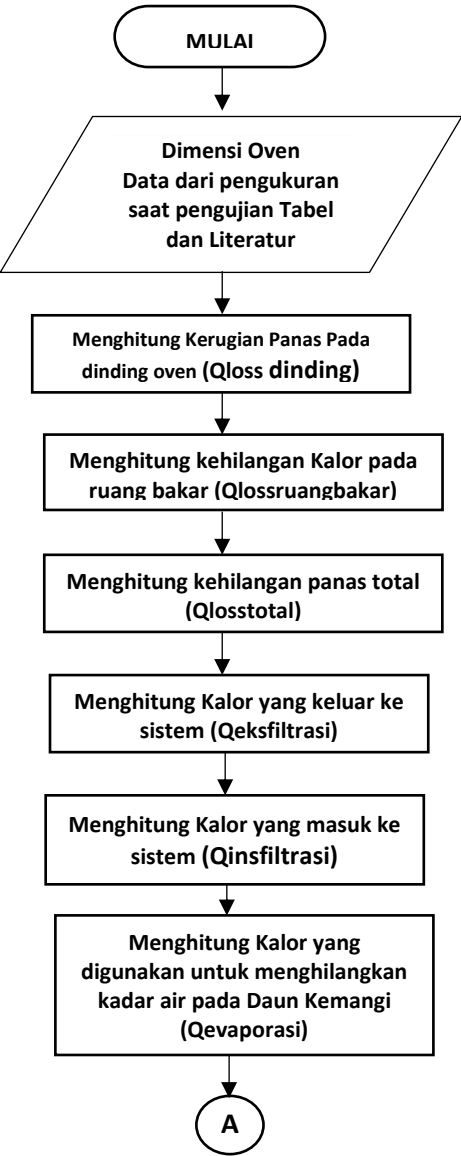
3.6 Diagram Alir Pengujian

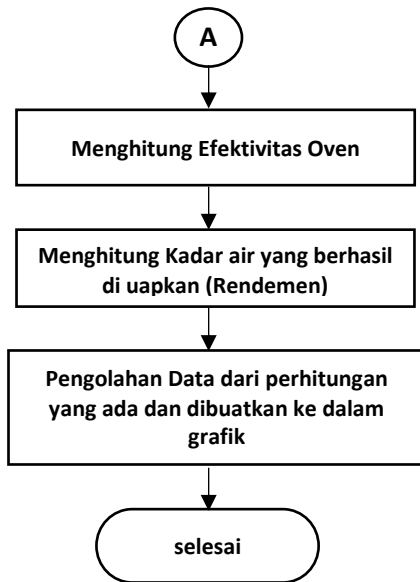




Gambar 3.11 Diagram Alir Pengujian Daun Kemangi

3.7 Diagram Alir Perhitungan Tugas Akhir



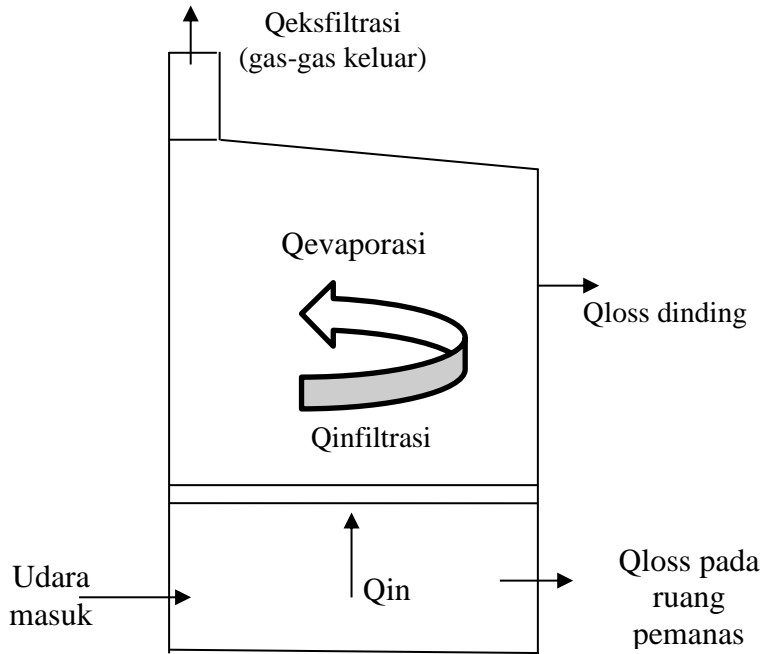


Gambar 3.12 Diagram Alir Perhitungan Tugas Akhir

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Neraca Kalor pada Proses Pengeringan Dengan Oven



Gambar4.1 Neraca Kalor Pada Proses Pengeringan Dengan Oven

$$Q_{in} = Q_{bermanfaat} + Q_{terbuang}$$

$$Q_{in} = (Q_{evaporasi} + Q_{infiltrasi}) + (Q_{lossdinding} + Q_{loss ruangpemanas} + Q_{eksfiltrasi})$$

4.2 Perhitungan Laju Perpindahan Panas yang Dibutuhkan di Ruang Oven

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan Q_{storage} pada ruang oven, yang didapat berdasarkan teori keseimbangan energi yaitu, $Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}}$. Dan dalam rancang bangun tugas akhir ini yang merupakan indikator Q_{in} ialah panas yang dihasilkan dari oven, sedangkan indikator dari Q_{out} ialah $Q_{\text{evaporasi}}$, $Q_{\text{loss total}}$, $Q_{\text{eksfiltrasi}}$ dan $Q_{\text{infiltrasi}}$.

4.2.1 Perhitungan Q_{loss} (W) pada jenis material yang digunakan

Material yang digunakan ialah plat galvalume, cellululer glass dan alumunium sebagai isolatornya. Berikut adalah proses perhitungan untuk mencari $Q_{\text{loss dinding}}$ pada jenis material yang digunakan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Natural Convection*.

- Bagian Dalam
- ✓ Temperatur rata-rata antara temperatur ruangan oven dan temperatur *surface plate* bagian kanan, depan, dan belakang lapisan dalam.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{327,2 + 325,5}{2} = 326,3 \text{ K}$$

- ✓ Properti-properti fluida
- Dari $T_f = 326,3 \text{ K}$, maka dapat diketahui properti fluida dari *Appendix A.4* dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer***, yaitu :

$$\bar{\nu} = 18,535 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k = 28,246 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\alpha = 26,392 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Pr = 0,7033$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{326,3 \text{ K}} = 0,00306 \text{ K}^{-1}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

1. Perhitungan Koefisien Konveksi Plat *Galvalume* dinding bagian kanan, depan, belakang lapisan dalam oven.

- ✓ Panjang Karakteristik

$$L = \text{Tinggi Plat Vertikal} = 1,33m$$

- ✓ Rayleigh Number (Ra_L)

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

$$= \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,00306 \text{ K}^{-1} \cdot (327,2 - 325,5)K \cdot (1,33 \text{ m})^3}{18,535 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s} \times 28,246 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$= 245430982,1$$

- ✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $Ra_L = 245430982,1$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $Ra_L \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$Nu_L = 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}}$$

$$= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (245430982,1)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7033}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}}$$

$$= 64,97$$

- ✓ Koefisien konveksi pada plat galvalume dinding bagian kanan, depan, belakang lapisan dalam oven

$$h_1 = \frac{N_{ux} \cdot k}{L}$$

$$= \frac{64,97 \cdot 28,246 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}}{1,33 \text{ m}}$$

$$= 1,379 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

2. Perhitungan Koefisien Konveksi Pada Plat Galvalume dinding bagian kiri lapisan dalam oven.

- ✓ Panjang karakteristik

$$L = \text{TinggiPlatVertikal} = 1,138 \text{ m}$$

- ✓ Rayleigh Number (R_{aL})

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

$$= \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00306 \text{ K}^{-1} \cdot (327,2 - 325,5) \text{ K} \cdot (1,138 \text{ m})^3}{18,535 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 26,392 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$= 153745087,7$$

- ✓ Bilangan Nusselt

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 153745087,7$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari buku **Fundamental Of Heat And Mass Transfer** ialah $R_{aL} \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned}
 N_{uL} &= 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\
 &= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (153745087,7)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7033}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\
 &= 57,88
 \end{aligned}$$

- ✓ Koefisien konveksi pada plat *Galvalume* dinding bagian kiri lapisan luar oven

$$\begin{aligned}
 h_2 &= \frac{N_{ux} \cdot k}{L} \\
 &= \frac{57,88 \cdot 28,246 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}}{1,138 \text{ m}} \\
 &= 1,436 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Koefisien Konveksi Pada Plat *Galvalume* dinding bagian atas lapisan dalam oven.

- ✓ Panjang karakteristik horizontal

$$L = \frac{4A}{P} = \frac{4x(1,17 \times 0,81)}{2x(1,117 + 0,8)} = 0,9257 \text{ m}$$

- ✓ Rayleigh Number (R_{aL})

$$\begin{aligned}
 Ra_L &= \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \\
 &= \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00306 \text{ K}^{-1} \cdot (327,2 - 325,5) \text{ K} \cdot (0,9257 \text{ m})^3}{18,535 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 26,39210^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\
 &= 82753287,07
 \end{aligned}$$

- ✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 82753287,07$, dengan batas yang bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10}$ dan permukaan plat atas dingin atau bawah plat panas . Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah:

$$\begin{aligned} N_{uL} &= 0,27 \cdot R_{aL}^{\frac{1}{4}} \\ &= 0,27 \cdot (82753287,07)^{\frac{1}{4}} \\ &= 25,75 \end{aligned}$$

- ✓ Koefisien konveksi pada plat *Galvalume* dinding bagian atas lapisan dalam oven

$$\begin{aligned} h_3 &= \frac{N_{ux} \cdot k}{L} \\ &= \frac{25,75 \cdot 28,246 \cdot 10^{-3} \text{ W/ m. K}}{0,9257 \text{ m}} \\ &= 0,785 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot K \end{aligned}$$

- **Bagian Luar**

- ✓ Temperatur rata-rata antara temperatur luar oven dan temperatur *surface plate* bagian kanan, depan, dan belakang lapisan luar.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{305,2 + 302,4}{2} = 303,8 \text{ K}$$

- ✓ Properti-properti fluida

Dari $T_f = 303,8 \text{ K}$, maka dapat diketahui properti fluida dari *Appendix A.4* dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer***, yaitu :

$$\begin{aligned} \bar{\nu} &= 16,272 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \\ k &= 25,581 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot K} \\ \alpha &= 23,062 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \end{aligned}$$

$$Pr = 0,7064$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{303,8 \text{ K}} = 0,00329 \text{ K}^{-1}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

4. Perhitungan Koefisien Konveksi Pada Plat *Aluminium* dinding bagian kanan, depan, dan belakang lapisan luar oven.

- ✓ Panjang karakteristik

$$L = \text{Tinggi Plat Vertikal} = 1,33 \text{ m}$$

- ✓ Rayleigh Number (R_{aL})

$$\begin{aligned} Ra_L &= \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \\ &= \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00329 \text{ K}^{-1} \cdot (305,2 - 302,4) \text{ K} \cdot (1,33 \text{ m})^3}{16,272 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 23,062 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ &= 566552233,8 \end{aligned}$$

- ✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 566552233,8$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $R_{aL} \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned} Nu_{uL} &= 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (566552233,8)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7064}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 79,97 \end{aligned}$$

- ✓ Koefisien konveksi pada dinding kanan,depan,belakang bagian luar plat *Galvalume*

$$h_4 = \frac{N_{uL} \cdot k}{L} = \frac{79,97 \cdot 25,581 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}}{1,33 \text{ m}} = 1,538 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

5. Perhitungan Koefisien Konveksi Pada Plat *Aluminium* dinding bagian kiri lapisan luar oven.

- ✓ Panjang karakteristik
 $L = \text{Tinggi Plat Vertikal} = 1,138 \text{ m}$

- ✓ Rayleigh Number (R_{aL})

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00329 \text{ K}^{-1} \cdot (305,2 - 302,4) \text{ K} \cdot (1,138 \text{ m})^3}{16,272 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 23,062 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 354904756,2$$

- ✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 354904756,2$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $R_{aL} \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$N_{uL} = 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (354904756,2)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7064}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\
&= 71,22
\end{aligned}$$

- ✓ Koefisien konveksi pada plat *Galvanized* dinding bagian kiri lapisan luar oven

$$\begin{aligned}
h_5 &= \frac{N_{uL} \cdot k}{L} \\
&= \frac{71,22 \times 25,581 \cdot 10^{-3} \frac{W}{m \cdot K}}{1,138 m} \\
&= 1,601 \frac{W}{m^2 \cdot K}
\end{aligned}$$

6. Perhitungan Koefisien Konveksi Pada Plat *Aluminium* dinding bagian atas lapisan luar oven. Untuk Bagian atas oven, perhitungan menggunakan *free convection* untuk plat horizontal dengan bagian bawah plat panas atau bagian atas plat dingin.

- ✓ Panjang karakteristik

$$L = \frac{4A}{P} = \frac{4x(1,17x0,81)}{2x(1,117 + 0,8)} = 0,9257 m$$

- ✓ Rayleigh Number (R_{aL})

$$\begin{aligned}
Ra_L &= \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \\
&= \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,00329 K^{-1} \cdot (305,2 - 302,4)K \cdot (0,9257 m)^3}{16,272 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s} \times 23,062 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} \\
&= 191027470,3
\end{aligned}$$

- ✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 191027470,3$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $10^7 R_{aL} \leq 10^{11}$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned} N_{uL} &= 0,15 \cdot R_{aL}^{\frac{1}{3}} \\ &= 0,15 \cdot (191027570,3)^{\frac{1}{3}} \\ &= 85,84 \end{aligned}$$

- ✓ Koefisien konveksi pada plat *Galvanized* dinding bagian atas lapisan luar oven

$$\begin{aligned} h_6 &= \frac{N_{ux} \cdot k}{L} \\ &= \frac{85,84 \cdot 25,581 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{0,9257 \text{ m}} \\ &= 2,372 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \end{aligned}$$

- ✓ Perhitungan kerugian panas pada oven:

1. Dinding bagian depan (Q_{loss1})

$$\begin{aligned} R_{\text{tot1}} &= \frac{1}{h_1} + \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} \right) + \frac{1}{h_4} \\ &= \left(\frac{1}{1,379} + \left(\frac{0,0015}{237} + \frac{0,005}{0,058} + \frac{0,001}{166} \right) + \frac{1}{1,538} \right) \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}{\text{W}} \\ &= 1,461 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}{\text{W}} \\ Q_{\text{loss1}} &= \frac{\Delta T}{R_{\text{tot1}}} \times A_1 \\ &= \frac{(325,5 - 301,6) ^\circ\text{K} \cdot \text{W}}{1,461 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} \times 1,3327 \text{ m}^2 \\ &= 21,062 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Dinding bagian kanan ($Q_{\text{loss}2}$)

$$R_{\text{tot}2} = R_{\text{tot}1}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}2} &= \frac{\Delta T}{R_{\text{tot}1}} \times A_2 \\ &= \frac{(325.5 - 302.4) \text{ } ^\circ K \cdot W}{1.461 \text{ } m^2 \cdot ^\circ K} \times 1.0773 \text{ } m^2 \\ &= 17.026 \text{ } W \end{aligned}$$

3. Dinding bagian belakang ($Q_{\text{loss}3}$)

Karena hambatan sama dengan bagian depan, tetapi dimensi berbeda. Maka :

$$\begin{aligned} \blacktriangleright \quad Q_{\text{loss}3} &= Q_{\text{loss}1} \\ &= 21.062 \text{ } W \end{aligned}$$

4. Dinding bagian kiri ($Q_{\text{loss}4}$)

$$\begin{aligned} R_{\text{tot}4} &= \frac{1}{h_2} + \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} \right) + \frac{1}{h_5} \\ &= \frac{1}{1.436} + \left(\frac{0.0015}{237} + \frac{0.005}{0.058} + \frac{0.001}{166} \right) + \frac{1}{1.601} \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \\ &= 1.407 \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}4} &= \frac{\Delta T}{R_{\text{tot}4}} \times A_4 \\ &= \frac{(325.5 - 302.4) \text{ } ^\circ K \cdot W}{1.407 \text{ } m^2 \cdot ^\circ K} \times 0.9217 \text{ } m^2 \\ &= 15.129 \text{ } W \end{aligned}$$

5. Dinding bagian atas ($Q_{\text{loss}5}$)

$$\begin{aligned}
 R_{\text{tot}5} &= \frac{1}{h_3} + \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} \right) + \frac{1}{h_6} \\
 &= \frac{1}{0,785} + \left(\frac{0,0015}{237} + \frac{0,005}{0,058} + \frac{0,001}{166} \right) + \frac{1}{2,372} \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \\
 &= 1,781 \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}5} &= \frac{\Delta T}{R_{\text{tot}5}} \times A_5 \\
 &= \frac{(325,5 - 302,4) ^\circ K \cdot W}{1,781 m^2 \cdot ^\circ K} \times 0,8698 m^2 \\
 &= 11,276 W
 \end{aligned}$$

6. Semua Dinding Oven ($Q_{\text{loss total}}$)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss tot}} &= Q_{\text{loss}1} + Q_{\text{loss}2} + Q_{\text{loss}3} + Q_{\text{loss}4} + Q_{\text{loss}5} \\
 &= 85,557 W
 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Data Perhitungan Q loss dinding total

Temperatur ($^\circ C$)	$Q_{\text{loss dinding total}}$ (W)
40	32,953
45	52,107
50	60,257
55	85,557
60	90,596

4.2.2 Perhitungan Q_{loss} (W) pada ruang bakar oven

Perhitungan kalor yang terbuang yang terdapat pada ruang bakar dihitung dengan menggunakan persamaan energi yang didapat dari neraka kalor.

- **Bagian Dalam**

Temperatur rata-rata antara temperature ruang bakar oven dan temperature surface plate bagian dalam.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{347 + 344,2}{2} = 345,6 \text{ K}$$

- ✓ Properti-properti fluida

Dari $T_f = 345,6 \text{ K}$, maka dapat diketahui property fluida dari Appendix A.4 dari buku *Fundamental Of Heat And Mass Transfer*, yaitu :

$$\bar{\nu} = 20,477 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k = 29,674 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\alpha = 29,248 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\text{Pr} = 0,7006$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{345,6 \text{ K}} = 0,00289 \text{ K}^{-1}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

1. Perhitungan Koefisien Konveksi dinding bagian kiri, depan, dan belakang lapisan dalam oven.

- ✓ Panjang karakteristik

$L = \text{Tinggi Ruang Bakar} = 0,5 \text{ m}$

- ✓ Rayleigh Number (Ra_L)

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00289 \text{ K}^{-1} \cdot (347 - 344,2) \text{ K} \cdot (0,5 \text{ m})^3}{20,477 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 29,248 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ &= 16568087,91 \end{aligned}$$

✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $Ra_L = 16568087,91$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $Ra_L \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned} N_{uL} &= 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (16568087,91)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7006}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 33,44 \end{aligned}$$

✓ Koefisien konveksi pada bagian kiri,depan,belakang lapisan dalam oven

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{N_{ux} \cdot k}{L} \\ &= \frac{33,44 \cdot 29,674 \cdot 10^{-3} \text{ W/ m.K}}{0,5 \text{ m}} \\ &= 1,984 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Koefisien Konveksidinding bagian kanan lapisan dalam oven.

✓ Panjang karakteristik

$$L = \text{Tinggi Ruang Bakar} = 0,4 \text{ m}$$

✓ Rayleigh Number (Ra_L)

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,00289 K^{-1} \cdot (347 - 344,2) K \cdot (0,4 m)^3}{20,477 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s} \cdot 29,248 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} \\
 &= 8482861
 \end{aligned}$$

✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 8482861$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $R_{aL} \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned}
 N_{uL} &= 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{4}{9}}} \\
 &= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (8482861)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7006} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{4}{9}}} \\
 &= 28,39
 \end{aligned}$$

✓ Koefisien konveksi pada bagian kanan lapisan dalam oven :

$$\begin{aligned}
 h_2 &= \frac{N_{ux} \cdot k}{L} \\
 &= \frac{28,39 \cdot 29,674 \cdot 10^{-3} W / m \cdot K}{0,4 m} \\
 &= 2,106 W / m^2 \cdot K
 \end{aligned}$$

• **Bagian Luar**

Temperatur rata-rata antara temperature ruang bakar oven dan temperature *surface plate* bagian luar.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{306,3 + 302,4}{2} = 304,3 \text{ K}$$

✓ Properti-properti fluida

Dari $T_f = 303,48 \text{ K}$, maka dapat diketahui property fluida dari Appendix A.4 dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer***, yaitu :

$$\begin{aligned}\bar{\nu} &= 16,322 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \\ k &= 26,618 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \\ \alpha &= 23,136 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \\ \text{Pr} &= 0,7064 \\ \beta &= \frac{1}{T_f} = \frac{1}{303,48 \text{ K}} = 0,00328 \text{ K}^{-1} \\ g &= 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\end{aligned}$$

3. Perhitungan Koefisien Konveksi dinding bagian kanan lapisan luar ruang bakar oven.

✓ Panjang karakteristik

$L = \text{Tinggi Plat Vertikal} = 0,5 \text{ m}$

✓ Rayleigh Number (Ra_L)

$$\begin{aligned}Ra_L &= \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \\ &= \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00328 \text{ K}^{-1} \cdot (306,3 - 302,4) \text{ K} \cdot (0,5 \text{ m})^3}{16,322 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 23,136 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ &= 41538979,41\end{aligned}$$

✓ Bilangan Nusselt

Dengan hasil nilai dari $Ra_L = 41538979,41$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang

bersumber dari dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $Ra_L \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned} N_{uL} &= 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (41538979,41)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7064}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 41,94 \end{aligned}$$

- ✓ Koefisien konveksi pada dinding kanan,depan,belakang bagian luar plat *Galvalume*

$$\begin{aligned} h_3 &= \frac{N_{uL} \cdot k}{L} \\ &= \frac{41,94 \cdot 26,618 \cdot 10^{-3} \text{ W/m.K}}{0,5 \text{ m}} \\ &= 2,232 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Koefisien Konveksi Pada Plat *Galvalume* dinding bagian kiri lapisan luar oven.

- ✓ Panjang karakteristik

$$L = \text{Tinggi Plat Vertikal} = 0,4 \text{ m}$$

- ✓ Rayleigh Number (Ra_L)

$$\begin{aligned} Ra_L &= \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \\ &= \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,00328 \text{ K}^{-1} \cdot (306,3 - 302,4)\text{K} \cdot (0,4 \text{ m})^3}{16,322 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 23,136 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ &= 21267957,46 \end{aligned}$$

✓ Bilangan *Nusselt*

Dengan hasil nilai dari $R_{aL} = 21267957,46$, besarnya nilai tersebut merupakan *Laminar*, dengan batas yang bersumber dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer*** ialah $R_{aL} \leq 10^9$. Maka rumus Nuselt yang digunakan ialah :

$$\begin{aligned} N_{uL} &= 0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 0,68 + \frac{0,67 \cdot (21267957,46)^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{0,7064}\right)^{\frac{9}{16}}\right]^{\frac{4}{9}}} \\ &= 35,58 \end{aligned}$$

✓ Koefisien konveksi pada plat *Galvanized* dinding bagian kiri lapisan luar oven

$$\begin{aligned} h_4 &= \frac{N_{uL} \cdot k}{L} \\ &= \frac{35,58 \cdot 26,618 \cdot 10^{-3} \frac{W}{m \cdot K}}{0,4 m} \\ &= 2,367 \frac{W}{m^2 \cdot K} \end{aligned}$$

✓ Perhitungan Kerugian Panas pada :

1. Dinding bagian depan (Q_{loss1})

$$\begin{aligned} R_{tot1} &= \frac{1}{h_1} + \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3}\right) + \frac{1}{h_3} \\ &= \frac{1}{1,984} + \left(\frac{0,0015}{237} + \frac{0,005}{0,058} + \frac{0,001}{166}\right) + \frac{1}{2,232} \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \end{aligned}$$

$$= 1,038 \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } Q_{loss_1} &= \frac{\Delta T}{R_{tot_1}} \times A_{depan} \\ &= \frac{(344,2 - 302,4) ^\circ K \cdot W}{1,038 m^2 \cdot ^\circ K} \times 0,486 m^2 \\ &= 19,564 W \end{aligned}$$

2. Dinding bagian kanan (Q_{loss2})

$$\begin{aligned} R_{tot_2} &= \frac{1}{h_2} + \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} \right) + \frac{1}{h_4} \\ &= \frac{1}{2,106} + \left(\frac{0,0015}{237} + \frac{0,005}{0,058} + \frac{0,001}{166} \right) + \frac{1}{2,367} \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \\ &= 0,983 \frac{m^2 \cdot ^\circ K}{W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } Q_{loss_2} &= \frac{\Delta T}{R_{tot_2}} \times A_{kanan} \\ &= \frac{(344,2 - 302,4) ^\circ K \cdot W}{0,983 m^2 \cdot ^\circ K} \times 0,324 m^2 \\ &= 13,043 W \end{aligned}$$

3. Dinding bagian belakang (Q_{loss3})

$$\begin{aligned} \text{➤ } Q_{loss_3} &= Q_{loss_1} \\ &= 19,564 W \end{aligned}$$

4. Dinding bagian kiri (Q_{loss4})

$$\begin{aligned} R_{tot_4} &= R_{tot_1} \\ \text{➤ } Q_{loss_4} &= \frac{\Delta T}{R_{tot_1}} \times A_{belakang} \end{aligned}$$

$$= \frac{(344,2 - 302,4) \text{ } ^\circ K \cdot W}{1,038 m^2 \cdot ^\circ K} \times 0,405 m^2$$

$$= 16,304 W$$

Tabel 4.2 Data Perhitungan Q loss ruang bakar dan Q loss total

Temperatur (°C)	Q _{loss} ruang bakar (W)	Q _{loss} dinding (W)	Q _{loss} total (W)
40	27,884	32,953	60,837
45	41,199	52,107	93,306
50	55,9	60,257	116,157
55	68,477	85,557	154,034
60	73,351	90,596	163,947

4.2.3 Perhitungan Q_{ekstraksi} (W) yang keluar melalui ventilasi

- ✓ Temperatur keluar cerobong = 46,7°C
- Kecepatan udara keluar cerobong = 1,18 m/s
- ✓ Properti-properti fluida
 Dari T = 319,7°K, maka dapat diketahui properti fluida dari *Appendix A.4* dari buku ***Fundamental Of Heat And Mass Transfer***, yaitu :

$$\rho = 1,0958 \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu = 193,998 \times 10^{-7} \frac{N \cdot s}{m^2}$$

$$C_p = 1,0077 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

- ✓ Kecepatan udara saat keluar cerobong

$$Re_u = \frac{\rho_{udara} V_{udara} D_{cerobong}}{\mu}$$

$$= \frac{1,0958 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,18 \frac{m}{s} \cdot 0,09 m}{193,898 \times 10^{-7} \frac{N \cdot s}{m^2}}$$

$$= 6.001,81$$

$$n = -1,7 + 1,8 \log 6.001,81$$

$$= 5,1$$

$$V = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)}$$

$$= \frac{2(5,1)^2}{((5,1)+1)(2(5,1)+1)} \frac{m}{s}$$

$$= 0,761 \frac{m}{s}$$

✓ *Mass Flow Rate*

$$\dot{m} = \rho c \times Vc \times Ac$$

$$= 1,0958 \frac{kg}{m^3} \times 0,761 \frac{m}{s} \times 0,0081 m^2$$

$$= 6,758 \times 10^{-3} kg/s$$

$$Q_{eksfiltrasi} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

$$= 6,758 \times 10^{-3} \frac{kg}{s} \times 1,0077 \frac{kJ}{kg \cdot K} \times (319,7 - 302,4) K$$

$$= 117,835 W$$

Tabel 4.3 Data Perhitungan Qeksfiltrasi

Temperatur (°C)	Q _{eksfiltrasi} (W)
40	55,983
45	82,394
50	97,732
55	117,835
60	143,564

4.2.4 Perhitungan $Q_{\text{infiltrasi}}$ (W) yang Masuk ke Sistem

Temperatur lingkungan pada saat oven menyala sebesar $29,4^{\circ}\text{C}$, maka dapat diketahui properti fluida dari *Appendix A.4* dari buku *Fundamental Of Heat And Mass Transfer*, yaitu didapatkan $C_p = 1,0071 \text{ kJ/kg.K}$

$$\begin{aligned} Q_{\text{infiltrasi}} &= \dot{m} \times C_p \times \Delta T \\ &= 6,758 \times 10^{-3} \text{ kg/s} \times 1,0071 \text{ kJ/kg.K} (325,5-302,4)\text{K.W} \\ &= 157,232 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Data Perhitungan $Q_{\text{infiltrasi}}$

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	$Q_{\text{infiltrasi}}$ (W)
40	62,965
45	95,506
50	118,316
55	157,232
60	173,604

4.2.5 Perhitungan Laju Perpindahan Panas Untuk Menghilangkan Kadar Air Dalam Daun Kemangi (Q_{evap})

Pada temperature permukaan daun kemangi rata-ratanya adalah $52,15^{\circ}\text{C}$, maka sifat-sifat air pada suhu tersebut menurut dari *Appendix A.6* dari buku *Fundamental Of Heat And Mass Transfer*, yaitu:

$$h_{fg} = 2377,64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Mass Flow Rate air daun kemangi yang dikeringkan adalah:

$$\dot{m} = \frac{\text{Berat daun sebelum pengujian} - \text{berat daun setelah pengujian}}{\text{durasi pengujian}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,250 - 0,025)kg}{210 \text{ menit} \times 60s/1\text{menit}} \\
 &= 1,785 \cdot 10^{-5} \frac{kg}{s}
 \end{aligned}$$

Maka, Q_{evap}

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{evap}} &= \dot{m} \times h_{fg} \\
 &= 1,785 \cdot 10^{-5} \frac{kg}{s} \times 2377,64 \frac{kJ}{kg} \\
 &= 42,457 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan beberapa kali pengujian dengan variasi temperatur, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data Perhitungan Qevaporasi

Temperatur (°C)	Q_{evap} (W)
40	21,012
45	24,719
50	29,688
55	42,457
60	59,102

4.2.6 Perhitungan Efektivitas Penyerapan Kalor Pada Oven

Setelah mendapat harga Q_{evap} dan Q_{inf} maka didapat efisiensi sebesar,

$$\begin{aligned}
 \eta \text{ Oven} &= \frac{Q_{\text{evaporasi}} + Q_{\text{infiltrasi}}}{Q_{\text{spesifikasi oven}}} \\
 &= \frac{42,457 + 157,232}{460} \times 100\% \\
 &= 43,41 \%
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan beberapa kali pengujian dengan variasi waktu, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data Perhitungan Efektivitas Penyerapan Kalor pada Oven dengan Variasi Temperatur

Temperatur (°C)	Efektivitas oven(%)
40	38,17
45	39,03
50	42,28
55	43,41
60	44,07

4.2.7 Sisa Kandungan Air Produk yang berhasil diuapkan

Tabel 4.7 Data Massa awal dan Massa akhir Daun Kemangi

Temperatur (°C)	Massa _{awal} (gr)	Massa _{akhir} (gr)
40	1000	30
45		27
50		26
55		25
60		25

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Massa_{akhir}}{Massa_{awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.025 \text{ kg}}{0.25 \text{ kg}} \times 100\% \\
 &= 10 \%
 \end{aligned}$$

4.2.8 Perhitungan Biaya yang Digunakan pada Proses Pengeringan

Setelah mendapat harga Q_{in} dari wattmeter, kemudian dapat menghitung biaya energy listrik yang

digunakan selama proses pengeringan. Dengan mengetahui waktu kerja oven = 210 menit.

Biaya Proses Pengujian :

$$\begin{aligned}\text{Cost} &= Q_{in} \times \frac{\text{Rp. } 1467,28}{kWh} \\ &= 1,9171 \text{ kWh} \times \frac{\text{Rp. } 1467,28}{kWh} \\ &= \text{Rp. } 2.812,922\end{aligned}$$

Tabel 4.8 Data Perhitungan Biaya yang dibutuhkan setiap Proses Pengeringan

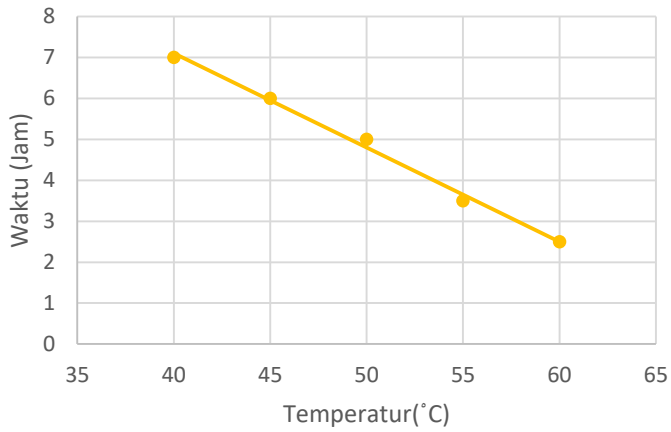
Temperatur (°C)	Biaya(Rp)
40	2178,78
45	2360,85
50	2676,31
55	2812,92
60	3044,31

4.2.9 Tabel dan Grafik Hasil Perngujian

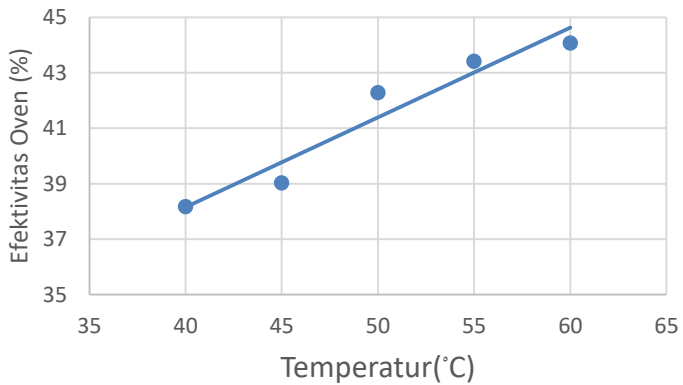
Tabel 4.9 Hasil Pengujian dengan Variasi Temperatur

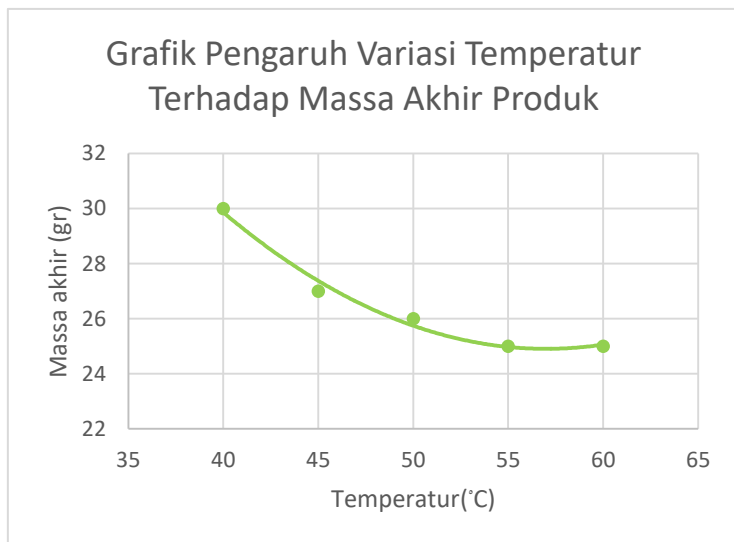
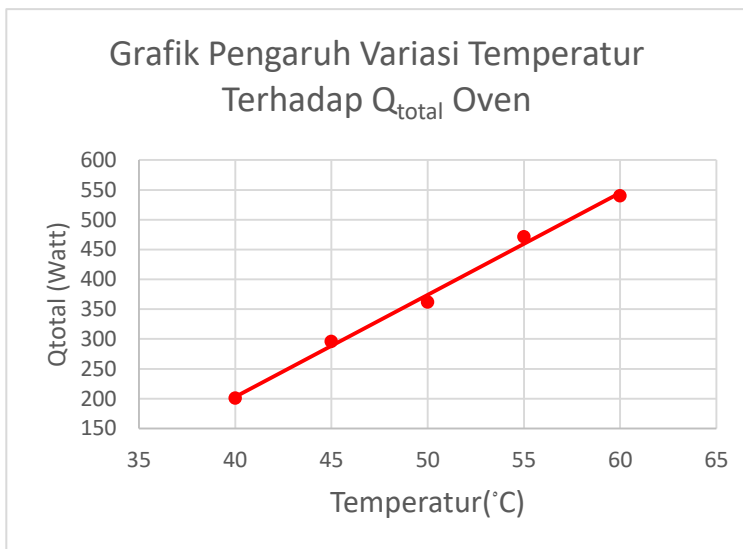
Variasi (°C)	Qtotal (Watt)	Qeksfiltrasi (Watt)	Qinfiltrasi (Watt)	Qevap (Watt)	Efektivitas (%)
40	200,797	55,983	62,965	21,012	38,17
45	295,925	82,394	95,506	24,719	39,03
50	361,893	97,732	118,316	29,688	42,28
55	471,552	117,835	157,232	42,457	43,41
60	540,217	143,564	173,604	59,102	44,07

Grafik Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Waktu Pengeringan



Grafik Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Efektivitas Oven





Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian

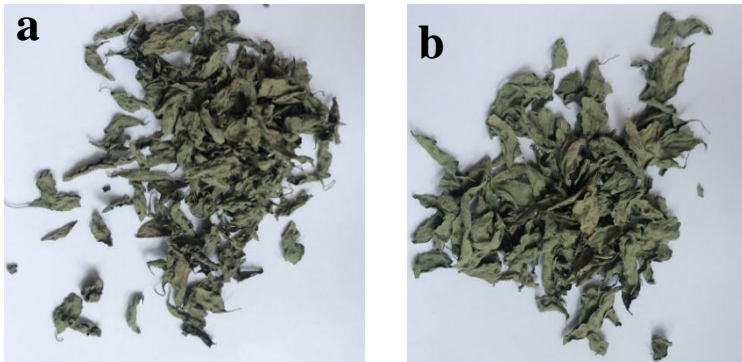
4.2.10 Hasil Pengeringan Daun Secara Visual

Salah satu tolak ukur untuk mengetahui daun tersebut kering atau belum juga dapat dilihat dari segi warna, tampak pada gambar 4.3 merupakan keadaan daun kemangi sebelum di oven tampak masih hijau dan segar.



Gambar 4.3 Daun Kemangi Sebelum di Oven

Pada gambar dibawah merupakan daun kemangi yang sudah di keringkan dengan suhu 40°C yaitu dengan lama pengeringan 7 jam dan 45°C dengan lama pengeringan 6 jam, dari hasil pengeringan 40° dan 45° daun berwarna hijau tua seperti warna daun kemangi sebelum di oven namun pada suhu pengeringan 40°C dan 45°C beberapa tekstur daun masih ada yang belum kering.



Gambar 4.4 Hasil Pengeringan pada Suhu: a) $T=40^{\circ}\text{C}$; b) $T=45^{\circ}\text{C}$

Pada gambar dibawah merupakan daun kemangi yang sudah di keringkan dengan suhu 50°C yaitu dengan lama pengeringan 5 jam dan 55°C dengan lama pengeringan 3,5 jam, dari hasil pengeringan 50°C dan 55°C daun berwarna hijau kekuningan namun suhu 55°C warna kuning jauh lebih nampak. Tekstur daun dengan suhu pengeringan 55°C jauh lebih kering daripada tekstur daun dengan suhu pengeringan 50°C .



Gambar 4.5 Hasil Pengeringan pada Suhu: a) $T=50^{\circ}\text{C}$; b) $T=55^{\circ}\text{C}$

pada gambar 4.6 adalah hasil pengeringan dengan suhu 60°C , tampak warna daun sudah kuning kecoklatan . Tekstur daun juga sudah sangat kering dan mudah untuk di hancurkan. Jadi di rekomendasikan untuk mengeringkan daun kemangi menggunakan oven yaitu pada suhu 55°C , karena warna daun hijau kekuning masih mengandung minyak atsiri dan teksur daun sudah kering merata



Gambar 4.6 Hasil Pengeringan Suhu 60°

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil uji analisis yang telah dilakukan, didapatkan alat pengering (oven) dengan dimensi yang sesuai yaitu 1,080 meter x 0,810 meter x 1,775 meter dan dirancang dengan rak yang tersusun miring disertai dengan baffle dari plat galvalum dan memiliki lubang ventilasi berupa cerobong dan laluan samping fluida panas guna pemerataan distribusi temperatur di setiap tingkat rak, dan menggunakan rumus pendekatan *Natural Convection*. Sedemikian hingga oven tersebut bekerja sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan.

Dari hasil pengujian pengeringan Daun kemangi, didapatkan suatu data sebagai berikut:

1. Berat daun kemangi pada saat sebelum dikeringkan adalah 250 gram dan berat daun kemangi setelah dikeringkan adalah 30-25 gram, kadar air yang hilang sebanyak 90%.
2. Panas total (Q_{total}) tertinggi yaitu sebesar 540,217 W terjadi pada saat temperatur pemanasan 60°C, sedangkan panas total (Q_{total}) terendah yaitu sebesar 200,797 W terjadi pada saat temperatur pemanasan 40°C.
3. Kalor Penguapan (Q_{evap}) tertinggi yaitu 59,102 W terjadi pada saat temperatur pemanasan 60°C dan (Q_{evap}) terendah yaitu 21,02 W terjadi pada saat temperatur pemanasan 40°C.
4. Efektifitas Oven terbesar yaitu 44,07% didapat pada variasi temperatur 60°C, sedangkan efektivitas oven terkecil yaitu 38,17 % didapat pada saat temperatur 40°C.
5. Biaya proses Pengeringan termahal terjadi pada variasi temperatur 60°C yaitu Rp 3044,31, sedangkan biaya proses pengeringan termurah terjadi pada variasi temperatur 40°C yaitu Rp 2178,91,.

6. Temperatur yang di rekomendasikan untuk mengeringkan daun kemangi menggunakan oven yaitu pada suhu 55°C , karena warna daun hijau kekuning masih mengandung minyak atsiri dan teksur daun sudah kering merata

5.2 Saran

Pengeringan daun kemangi dapat ditinjau dari aspek-aspek seperti besar luasan daun dan kadar air pada daun kemangi tersebut. Bila kedua aspek tersebut ada pada daun maka proses pengeringan akan membutuhkan tambahan waktu agar hasil pengeringan sesuai.

Kekurangan pada oven ini antara lain :

1. Diperlukan pengecilan dimensi ruang pemanas pada oven pengering, tujuannya mempercepat proses pemanasan dan mengurangi kerugian panas yang keluar melalui dinding-dinding ruang bakar.
2. Menutup *clearance* yang tidak tertutup oleh rak penyimpanan di dalam ruang oven, agar aliran fluida di dalam ruang oven sesuai dengan bentuk yang diinginkan.
3. Diberinya isolasi pada sela-sela pintu atau bukaan pada oven agar tidak terjadi kebocoran, sehingga proses pengeringan dapat berjalan lancar.
4. Membuat sensor untuk mengetahui kadar air dalam produk, untuk memudahkan identifikasi selesainya proses pengeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., dan Dewitt D.P. 2011. **“Fundamentals of Heat and Mass Transfer Seventh Edition**. John Wiley & sons, inc.”
- [2] Denny M. E. Soedjono¹, Joko Sarsetiyanto², Dedy Zulhidayat Noor³, Eddy Widiyono⁴..**“Rancang Bangun Oven Untuk Proses Pengeringan Kulit Ikan”** 2015, Seminar Nasional Teknologi ITN Malang, ISSN 2407-7534 hal 57-65
- [3] Cengel, A. Yunus., dan Turner, Robert H. 2003. **Heat Transfer A practical Approach**. McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] Eko . 2015. **Manfaat Daun Kemangi untuk Kesehatan**, [URL:www.sahabatkyatim.com/manfaat-teh-daun-kemangi-untuk-kesehatan/](http://www.sahabatkyatim.com/manfaat-teh-daun-kemangi-untuk-kesehatan/)
- [5] Rahman adi, Faisal. 2015. **“Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Efektifitas Oven Untuk Pengeringan Daun mengkudu”**
- [6] Rifa Nadia Nurfuadah, Februari . 2011. **Cara Membuat Teh kemangi**, [URL:https://news.okezone.com/read/2011/02/18/373/426206/yuk-ngeteh-daun-kemangi](https://news.okezone.com/read/2011/02/18/373/426206/yuk-ngeteh-daun-kemangi)>.
- [7] Sastrapradja, Setijati; Lubis, Siti Harti Aminah; Djajasukma, Eddy; Soetarno, Hadi; Lubis, Ischak (1981). **Proyek Penelitian Potensi Sumber Daya Ekonomi: Sayur-Sayuran 6**. Jakarta: LIPI.

Lampiran 1

Tabel Konversi Satuan

<i>Parameter</i>	<i>English Unit</i>	<i>Metric Unit</i>
Area	1 in ²	6.452 cm ²
	1 ft ²	0.0929 m ²
Density	1 slug/ft ³	515 kg/m ³
Energy	1 ft · lb	1.356 J
Flow-rate	1 ft ³ /s	0.0284 m ³ /s
	1 gpm	0.06309 Lps
Force	1 lb	4.448 N
Length	1 ft	0.3048 m
	1 in	2.540 cm
Mass	1 slug	14.59 kg
Power	1 ft · lb/s	1.356 W
	1 hp	745.7 W
	1 Btu/min	0.0176 kW
Pressure	1 psi	6895 Pa
	1 psi	0.06895 bars
	1 standard atmosphere (14.7 psia)	101.3 kPa abs
Specific weight	1 lb/ft ³	157 N/m ³
Velocity	1 ft/s	0.3048 m/s
Viscosity (absolute)	1 lb · s/ft ²	47.88 Pa · s
<i>Parameter</i>	<i>English Unit</i>	<i>Metric Unit</i>
Viscosity (kinematic)	1 ft ² /s	0.0929 m ² /s
Volume	1 in ³	16.39 cm ³
	1 gal	3.785 L
<i>Parameter</i>	<i>First English Unit</i>	<i>Second English Unit</i>
Energy	1 Btu	778 ft · lb
Flow-rate	1 ft ³ /s	449 gpm
Power	1 hp	550 ft · lb/s
	1 hp	42.4 Btu/min
Velocity (angular)	1 rpm	0.1047 rad/s
Volume	1 gal	231 in ³
	1 gal	0.135 ft ³

<i>Parameter</i>	<i>First Metric Unit</i>	<i>Second Metric Unit</i>
Force	1 N	10^5 dyn
Pressure	1 bar	10^5 Pa
Velocity (ang.)	1 rpm	0.1047 rad/s
Viscosity (abs.)	1 N · s/m ²	10 poise
	1 poise	1 dyn · s/cm ²
Viscosity (kin.)	1 m ² /s	10,000 stokes
	1 stoke	1 cm ² /s
Volume	1 m ³	1000 L
	1 cm ³	0.001 L

Temperature Conversions

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8 T(^{\circ}\text{C}) + 32 \quad T(^{\circ}\text{C}) = \frac{T(^{\circ}\text{F}) - 32}{1.8}$$

$$T(^{\circ}\text{R}) = 1.8 T(\text{K}) \quad T(\text{K}) = \frac{T(^{\circ}\text{R})}{1.8}$$

$$T(^{\circ}\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 460 \quad T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$$

Lampiran 2

TABLE A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solids^a

Composition	Melting Point (K)	Properties at 300 K					Properties at Various Temperatures (K)									
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg · K)	k (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	k (W/m · K)/ c_p (J/kg · K)										
						100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500	
Aluminum																
Pure	933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218						
						482	798	949	1033	1146						
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186							
						473	787	925	1042							
Alloy 195, Cast (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2			174	185							
								—	—							
Beryllium	1550	1850	1825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8	78.7				
						203	1114	2191	2604	2823	3018	3227	3519			
Bismuth	545	9780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04								
						112	120	127								
Boron	2573	2500	1107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85					
						128	600	1463	1892	2160	2338					
Cadmium	594	8650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7								
						198	222	242								
Chromium	2118	7160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4	61.9	57.2	49.4		
						192	384	484	542	581	616	682	779	937		
Cobalt	1769	8862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1	49.3	42.5			
						236	379	450	503	550	628	733	674			
Copper																
Pure	1358	8933	385	401	117	482	413	393	379	366	352	339				
						252	356	397	417	433	451	480				
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14		42	52	59							
							785	460	545							
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17		41	65	74							
							—	—	—							
Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137	149							
							360	395	425							
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19									
						237	362									
Germanium	1211	5360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4	17.4				
						190	290	337	348	357	375	395				

Lampiran 3

Appendix A ■ Thermophysical Properties of Matter

TABLE A.3 *Continued*

Insulating Materials and Systems

Description/Composition	Typical Properties at 300 K		
	Density, ρ (kg/m ³)	Thermal Conductivity, k (W/m·K)	Specific Heat, c_p (J/kg·K)
Blanket and Batt			
Glass fiber, paper faced	16	0.046	—
	28	0.038	—
	40	0.035	—
Glass fiber, coated; duct liner	32	0.038	835
Board and Slab			
Cellular glass	145	0.058	1000
Glass fiber, organic bonded	105	0.036	795
Polystyrene, expanded			
Extruded (R-12)	55	0.027	1210
Molded beads	16	0.040	1210
Mineral fiberboard; roofing material	265	0.049	—
Wood, shredded/cemented	350	0.087	1590
Cork	120	0.039	1800
Loose Fill			
Cork, granulated	160	0.045	—
Diatomaceous silica, coarse	350	0.069	—
Powder	400	0.091	—
Diatomaceous silica, fine powder	200	0.052	—
	275	0.061	—
Glass fiber, poured or blown	16	0.043	835
Vermiculite, flakes	80	0.068	835
	160	0.063	1000
Formed/Foamed-in-Place			
Mineral wool granules with asbestos/inorganic binders, sprayed	190	0.046	—
Polyvinyl acetate cork mastic; sprayed or troweled	—	0.100	—
Urethane, two-part mixture; rigid foam	70	0.026	1045
Reflective			
Aluminum foil separating fluffy glass mats; 10–12 layers, evacuated; for cryogenic applications (150 K)	40	0.00016	—
Aluminum foil and glass paper laminate; 75–150 layers; evacuated; for cryogenic application (150 K)	120	0.000017	—
Typical silica powder, evacuated	160	0.0017	—

Lampiran 4

TABLE A.4 Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure^a

T (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg · K)	$\mu \cdot 10^7$ (N · s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	$k \cdot 10^5$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
Air, $M = 28.97$ kg/kmol							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728
1200	0.2902	1.175	473.0	162.9	76.3	224	0.728
1300	0.2679	1.189	496.0	185.1	82	257	0.719
1400	0.2488	1.207	530	213	91	303	0.703
1500	0.2322	1.230	557	240	100	350	0.685
1600	0.2177	1.248	584	268	106	390	0.688
1700	0.2049	1.267	611	298	113	435	0.685
1800	0.1935	1.286	637	329	120	482	0.683
1900	0.1833	1.307	663	362	128	534	0.677
2000	0.1741	1.337	689	396	137	589	0.672
2100	0.1658	1.372	715	431	147	646	0.667
2200	0.1582	1.417	740	468	160	714	0.655
2300	0.1513	1.478	766	506	175	783	0.647
2400	0.1448	1.558	792	547	196	869	0.630
2500	0.1389	1.665	818	589	222	960	0.613
3000	0.1135	2.726	955	841	486	1570	0.536
Ammonia (NH₃), $M = 17.03$ kg/kmol							
300	0.6894	2.158	101.5	14.7	24.7	16.6	0.887
320	0.6448	2.170	109	16.9	27.2	19.4	0.870
340	0.6059	2.192	116.5	19.2	29.3	22.1	0.872
360	0.5716	2.221	124	21.7	31.6	24.9	0.872
380	0.5410	2.254	131	24.2	34.0	27.9	0.869

Lampiran 5

TABLE A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water^a

Temperature, T (K)	Pressure, p (bars) ^b	Specific Volume (m ³ /kg)		Heat of Vaporization, h_{fg} (kJ/kg)	Specific Heat (kJ/kg · K)		Viscosity (N · s/m ²)		Thermal Conductivity (W/m · K)		Prandtl Number		Surface Tension, $\sigma_f \cdot 10^3$ (N/m)	Expansion Coefficient, $\beta_f \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Temperature, T (K)
		$v_f \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	Pr_f	Pr_g			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	664	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	697.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.2		430

Lampiran 6

Percobaan ke 1 suhu pengeringan 40°C (lama pengeringan 7 jam)

Data pengukuran dalam oven

Rak ke-	T produk (°C)	RH (%)	T _{cerb} (°C)	V _{cerb} (m/s)	Makhir (gr)	Q _{in} (kWh)
1.	38,7	66,5	36	0,99	8	1,485
2.	39,85				7	
3.	40				5	
4.	40,5				5	
5.	40,85				5	

Data pengukuran surface dalam dan luar oven

Bagian	T _{surface} (°C)		T _∞		RH (%)	Truang bakar (°C)		
	Luar	Dalam	Luar	Dalam		Luar	Dalam	T _∞
Kanan	29,4	40,85	28	37	81	30	48,8	47
Kiri	28,8	40,2				38,8	50,1	
Depan	29,5	39,2				29,8	49,2	
Belakang	29,2	39				29,4	50,2	

Lampiran 7

Percobaan ke 2 suhu pengeringan 45°C (lama pengeringan 6 jam)

Data pengukuran dalam oven

Rak ke-	T produk (°C)	RH (%)	T _{cerb} (°C)	V _{cerb} (m/s)	Makhir (gr)	Qin (kWh)
1.	44	61	40,1	1,045	6	1,609
2.	44,5				6	
3.	45				5	
4.	46				5	
5.	46,3				5	

Data pengukuran surface dalam dan luar oven

Bagian	T _{surface} (°C)		T _∞		RH (%)	Truang bakar (°C)		
	Luar	Dalam	Luar	Dalam		Luar	Dalam	T _∞
Kanan	30	45,6	28,2	42	78	30	61	56,5
Kiri	28,6	45,8				29,8	59,5	
Depan	30,5	44				31	58	
Belakang	29,6	44,1				30	55	

Lampiran 8

Percobaan ke 3 suhu pengeringan 50°C (lama pengeringan 5 jam)

Data pengukuran dalam oven

Rak ke-	T produk (°C)	RH (%)	T _{cerb} (°C)	V _{cerb} (m/s)	Makhir (gr)	Qin (kWh)
1.	47,6	57,8	42,8	1,12	6	1,8242
2.	48,4				5	
3.	48,8				5	
4.	49,6				5	
5.	49,8				5	

Data pengukuran surface dalam dan luar oven

Bagian	T _{surface} (°C)		T _∞		RH (%)	Truang bakar (°C)		
	Luar	Dalam	Luar	Dalam		Luar	Dalam	T _∞
Kanan	32	48	28,6	45,8	80	32,2	69,2	64,4
Kiri	30,4	47,2				31,5	66	
Depan	31,2	46,8				31,8	66,6	
Belakang	28,8	46,2				30,4	65,6	

Lampiran 9

Percobaan ke 4 suhu pengeringan 55°C (lama pengeringan 3,5 jam)

Data pengukuran dalam oven

Rak ke-	T produk (°C)	RH (%)	T _{cerb} (°C)	V _{cerb} (m/s)	Makhir (gr)	Qin (kWh)
1.	50,75	56,5	46,7	1,18	5	1,9171
2.	51				5	
3.	52				5	
4.	53,25				5	
5.	53,75				5	

Data pengukuran surface dalam dan luar oven

Bagian	T _{surface} (°C)		T _∞		RH (%)	Truang bakar (°C)		
	Luar	Dalam	Luar	Dalam		Luar	Dalam	T _∞
Kanan	32	55,25	29,4	52,5	80	33,5	76,5	71,2
Kiri	32,7	54,75				32,75	72,25	
Depan	32	53				33,5	70,75	
Belakang	32,4	53,8				33,75	72,5	

Lampiran 10

Percobaan ke 5 suhu pengeringan 60°C (lama pengeringan 2,5 jam)

Data pengukuran dalam oven

Rak ke-	T produk (°C)	RH (%)	T _{cerb} (°C)	V _{cerb} (m/s)	Makhir (gr)	Q _{in} (kWh)
1.	56,6	54	52	1,24	5	2,0748
2.	57				5	
3.	58,3				5	
4.	58,3				5	
5.	59				5	

Data pengukuran surface dalam dan luar oven

Bagian	T _{surface} (°C)		T _∞		RH (%)	Truang bakar (°C)		
	Luar	Dalam	Luar	Dalam		Luar	Dalam	T _∞
Kanan	32,5	58	30,6	56,5	78,6	32,6	84,3	81,3
Kiri	32,3	59,3				33	83,3	
Depan	34,3	57,4				34	83	
Belakang	32,3	56,3				31,6	81,4	

Lampiran 11



BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap **Rizky Dharma Putra** dilahirkan di Surabaya, 15 April 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Muslih dan Srie Soelistyawati. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, SDN Airlangga IV 201, SMPN 4 Surabaya dan SMAN 6 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN tahun 2015, Penulis melanjutkan pendidikannya di Program Studi D3 Teknik Mesin Industri FV-

ITS. Konversi Energi adalah bidang studi yang dipilih penulis. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera , Semarang pada bulan juli 2017 selama satu bulan. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS serta untuk kebermanfaatan masyarakat luas kedepannya.

Bagi pembaca yang ingin berdiskusi lebih luas dan untuk informasi mengenai tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi via E-mail: Rizky709@gmail.com